

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**VALORACIÓN ECONÓMICA DE PLANTACIONES DE *Pinus patula* Schiede Schtdl. &
Cham CON Y SIN MANEJO FORESTAL EN LA COOPERATIVA AGRARIA
ATAHUALPA - JERUSALÉN DE TRABAJADORES LTDA. – CAJAMARCA**

T E S I S

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
RAÚL ELISEO CHILÓN QUISPE**

**Asesor:
Ing. ANDRÉS HIBERNÓN LOZANO LOZANO**

CAJAMARCA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Ing. Andrés Hibernón Lozano Lozano, asesor de la Tesis titulada "**VALORACIÓN ECONÓMICA DE PLANTACIONES DE *Pinus patula* Schiede Schltl. & Cham CON Y SIN MANEJO FORESTAL EN LA COOPERATIVA AGRARIA ATAHUALPA - JERUSALÉN DE TRABAJADORES LTDA. - CAJAMARCA**", correspondiente al Bach. en Ciencias Forestales, RAÚL ELISEO CHILÓN QUISPE, de la EAP de Ingeniería Forestal, HACE CONSTAR que, se ha sometido esta investigación al Software Antiplagio **Original (Urkund)** y los resultados demuestran que existe un **18 %** de similitud, muy por debajo de límite permitido. Adjunto hoja de análisis de antiplagio.

Se le expide la presente Constancia para fines de solicitud de Jurado para su Sustentación.

Cajamarca, 27 de septiembre de 2023

Atentamente,



Ing. Andrés Hibernón Lozano Lozano
ASESOR

C.c.
Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los cuatro días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según Resolución de Consejo de Facultad N° 012-2024-FCA-UNC, de fecha 15 de enero del 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "VALORACIÓN ECONÓMICA DE PLANTACIONES DE *Pinus patula* Schiede Schldl. & Cham CON Y SIN MANEJO FORESTAL EN LA COOPERATIVA AGRARIA ATAHUALPA JERUSALÉN DE TRABAJADORES LTDA. - CAJAMARCA", realizada por el Bachiller RAÚL ELISEO CHILÓN QUISPE para optar el Título Profesional de INGENIERO FORESTAL.

A las once horas y quince minutos, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de quince (15); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO FORESTAL.

A las doce horas y cuarenta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.


Ing. M. Sc. Luis Dávila Estela
PRESIDENTE


Ing. Nehemías Honorio Sangay Martos
SECRETARIO


Ing. Oscar Rogelio Sáenz Narro
VOCAL


Ing. Andrés Hibernon Lozano Lozano
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres Santos y Adelinda,
a mis Hermanas Delendina y Keiko, a mis
abuelos maternos: Manuel y Juana.

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Andrés Lozano Lozano, asesor de esta presente investigación por brindarme su apoyo y compartir con agrado sus conocimientos para el desarrollo del trabajo de investigación.

Al Ingeniero Juan Rodrigo Baselly Villanueva, colaborador durante todo este proceso quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza y ayuda permitió el desarrollo de este trabajo.

A mis hermanas Delendina y Keiko por su cariño y su apoyo único y de una u otra forma que me acompañan en mis sueños y metas y a mi sobrino Rodrigo Quispe, quienes me inspiran de seguir adelante y ser un gran profesional.

A la familia Quispe Chuquimango, por extenderme su mano en momentos difíciles y brindarme el amor y apoyo cuando más lo necesitaba, de una y otra forma me ayudaron hacer posible esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA		iv
AGRADECIMIENTOS		v
ÍNDICE GENERAL		vi
ÍNDICE DE TABLAS		ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....		x
ÍNDICE DE ANEXOS		xii
RESUMEN		xiii
I. INTRODUCCIÓN.....		1
1.4. Objetivos.....		4
1.5. Hipótesis		4
II. REVISIÓN DE LITERATURA		6
2.1. Antecedentes.....		6
2.2. Marco teórico.....		7
2.2.1. Descripción <i>Pinus patula</i> Schiede Schltdl. & Cham.....		7
2.2.2. Valoración económica forestal.....		10
a. Valor del vuelo forestal		11
b. Valor del suelo forestal		12

2.2.3.	Manejo forestal.....	12
a.	Bases para el manejo de plantaciones forestal	13
b.	Importancia del manejo forestal	13
c.	Podas	14
d.	Raleos	15
2.3.	Definición de términos	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1.	Ubicación y características del área de estudio	18
✓	Accesibilidad	20
✓	Clima	20
✓	Suelos.....	21
✓	Topografía	21
✓	Vegetación forestal	21
✓	Actividades económicas	21
3.2.	Materiales y equipos	22
3.3.	Metodología.....	22
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1.	Estimación de volúmenes de madera de árboles en pie de <i>P. patula</i>	32

4.2.	Valorización económica de las plantaciones Lomo De Pescado y Maquimaqui ..	47
4.3.	Estimación de valor del suelo ocupado por la plantación	50
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1.	Conclusiones	52
5.2.	Recomendaciones.....	52
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
VII.	ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los bloques evaluados.	20
Tabla 2. Cálculo de los valores dasométricos del Bloque Lomo de Pescado y Maquimaqui.....	34
Tabla 3. Test de normalidad de las variables dasométricas del bloque con intervención silvicultural y sin intervención silvicultural.....	36
Tabla 4. Test de homogeneidad de varianza de las variables dasométricas del bloque con y sin intervención silvicultural y sin intervención silvicultural.....	37
Tabla 5. Test de Student para las variables dasométricas a nivel de bloques.....	38
Tabla 6. Precios de pie tablar madera rolliza con y sin intervención silvicultural en la ciudad de Cajamarca.	48
Tabla 7. Ingresos obtenidos de madera comercial por plantación con y sin intervención silvicultural.	49
Tabla 8. Valor económico del suelo ocupado para madera rolliza (r) de <i>Pinus patula</i> con y sin intervención silvicultural.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio en las plantaciones de la Granja Porcón.....	19
Figura 2. Reconocimiento de las plantaciones de la Cooperativa Atahualpa Jerusalén	22
Figura 3. Establecimiento de parcelas en los dos bloques	25
Figura 4. Dirección de recorrido para el marcado, codificación y medición de los árboles en cada parcela.	26
Figura 5. Codificación de los árboles para la medición y registro del DAP y alturas (comercial y total).	26
Figura 6. Medición del DAP y alturas de los individuos.....	27
Figura 7 Comparación de Coeficiente de variación (%) entre los bloques con y sin intervención silvicultural.	35
Figura 8. Diagramas para los datos promedios representativos del diámetro con y sin intervención silvicultural.	39
Figura 9. Diagramas para los datos promedios representativos de la altura comercial con y sin intervención silvicultural	40
Figura 10. Diagramas para los datos promedios representativos de la altura total con y sin intervención silvicultural.	41
Figura 11. Diagramas para los datos promedios representativos del área basal con y sin intervención silvicultural.	42
Figura 12. Prueba U de Mann- Whitney para la variable dasométrica número de individuos....	43
Figura 13. Diagramas para los datos promedios representativos del número de individuos con y sin intervención silvicultural.....	44
Figura 14. Prueba U de Mann - Whitney para la variable dasométrica volumen comercial	45

Figura 15. Diagramas para los datos promedios representativos del volumen comercial con y sin intervención silvicultural.	45
Figura 16. Prueba U de Mann- Whitney para las variables dasométricas volumen total.	46
Figura 17. Diagramas para los datos promedios representativos del volumen total con y sin intervención silvicultural.	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Símbolos de mensura forestal.	63
Anexo 2. Análisis de la muestra estratificada.....	63
Anexo 3. Formato y encuestas realizadas para determinar el precio del pie tablar de madera rolliza.	67
Anexo 4. Panel fotográfico: Visita a aserraderos	68
Anexo 5. Evaluación de volumen total, comercial en el bloque Lomo de Pescado por parcela.	69
Anexo 6. Evaluación de volumen total, comercial en el Maquimaqui por parcela.	70

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar la influencia de las intervenciones silviculturales (poda y raleos) en la valoración económica del volumen comercial o madera aprovechable de dos plantaciones de *Pinus patula* separadas en dos bloques, con y sin intervención silviculturales (podas y raleos), con una extensión de 72 ha para Lomo De Pescado con dos raleos a una intensidad de 70% y para Maquimaqui 110 ha y de 33 años de edad para ambos bloques, ubicados en el cuartel Taruaconga de la Cooperativa Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda., Cajamarca. La metodología empleada para la valoración económica fue por recopilación, procesamiento y análisis los datos obtenidos por medio del inventario de 26 parcelas de 1000 m² cada una, distribuidos al azar, midiendo el DAP, la altura total y la comercial; se determinó el volumen comercial y su valor económico de ambos bloques. El volumen comercial de los bloques Lomo de Pescado (con intervención silvicultural) es de 414.189 m³ ha⁻¹ y Maquimaqui (sin intervención silvicultural) fue de 469.884 m³ ha⁻¹; los volúmenes son similares, pero con fines comerciales en el bloque Lomo De Pescado (con intervención silvicultural) son árboles de mayor calidad, y tiene mejores opciones para diversas industrias; por ende un buen manejo forestal puede aumentar significativamente el valor económico de las plantaciones forestales. Se obtuvo un valor económico para Lomo De Pescado de S/ 123,014.31 ha⁻¹ y para Maquimaqui de S/ 113,712.00 ha⁻¹. Por otra parte, la estimación valor económico de suelo de las plantaciones considerando las tasas guías de interés de 8%; 10% y 12%, con intervención silvicultural fue de S/ 10535.61 ha⁻¹, S/ 5534.91 ha⁻¹ y S/ 2993.67 ha⁻¹ para las plantaciones sin intervención silvicultural es de S/ 9738.91 ha⁻¹, S/ 5116.36 ha⁻¹ y S/ 2767.29 ha⁻¹.

Palabras claves: Valoración económica, volumen comercial, *Pinus patula*, Granja Porcón, suelo forestal.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the influence of silvicultural interventions (pruning and thinning) on the economic valuation of the commercial volume or usable wood of two plantations of *Pinus patula* separated into two blocks, with and without silvicultural intervention (pruning and thinning), with an extension of 72 ha for Lomo De Pescado with two thinnings at an intensity of 70% and for Maquimaqui 110 ha and 33 years old for both blocks, located in the Taruacongá barracks of the Cooperativa Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. , Cajamarca. The methodology used for the economic valuation was by collecting, processing and analyzing the data obtained through the inventory of 26 plots of 1000 m² each, randomly distributed, measuring the DBH, total height and commercial height; the commercial volume and economic value of both blocks was determined. The commercial volume of the blocks Lomo de Pescado (with silvicultural intervention) is 414,189 m³ ha⁻¹ and Maquimaqui (without silvicultural intervention) was 469,884 m³ ha⁻¹; the volumes are similar, but for commercial purposes in the block Lomo De Pescado (with silvicultural intervention) are higher quality trees, it is important to mention that good forest management can significantly increase the economic value of forest plantations. An economic value was obtained for Lomo De Pescado of S/ 123,014.31 ha⁻¹ and for Maquimaqui of S/ 113,712.00 ha⁻¹. On the other hand, the estimation of the economic value of the forest plantations was obtained for Lomo De Pescado

Key words: Economic valuation, commercial volume, *Pinus patula*, Granja Porcón, forest land.

I. INTRODUCCIÓN

Una plantación forestal brinda una diversidad de productos y servicios que son beneficiosos para las comunidades locales y el medio ambiente. Uno de los productos que ofrece una plantación es la producción de madera para la cosecha y el uso en la industria maderera. Las plantaciones de Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. - Cajamarca es una experiencia de forestación de las más importantes en el Perú, el uso del suelo forestal ha logrado alcanzar beneficios sociales, económicos y ambientales, que favorecen al desarrollo local y regional.

El *Pinus patula* es una especie conífera nativa de regiones subtropicales de México, se distribuye en la Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre de Oaxaca, desde el norte del estado de Hidalgo hasta Cofre de Perote, en altitudes entre 1500 a 3100 m, precipitaciones anuales de 600 a 2500 mm (Ospina, 2011). En la zona altoandina de Cajamarca se han establecido plantaciones de *Pinus patula*, y es la especie con mayor extensión y potencial maderable en la región, mayormente concentradas en el predio de la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén con 10500 ha conformada por diferentes variedades y principalmente el *Pinus patula* con 6400 ha (SERFOR, 2018).

El manejo forestal es muy importante ya que promueve el uso sostenible, a partir de una planificación que asegure la sostenibilidad del recurso forestal, de este modo, también comprende decisiones y actividades encaminadas al aprovechamiento de los recursos forestales de manera ordenada, sin comprometer los bienes y servicios para generaciones futuras. Dentro del manejo forestal, los tratamientos silviculturales surgen como una herramienta para mantener la productividad y rentabilidad. Las intervenciones silviculturales (podas y raleos) son las principales actividades desarrolladas en una plantación, las cuales favorecen el desarrollo o incremento de los

árboles, a través de la reducción de la competencia entre árboles no comerciales con los de importancia comercial (Aguirre y Calderón, 2015).

Existen metodologías para la valoración de la madera en una plantación; diversas tipologías de valor económico en el ámbito forestal; definen procedimientos para valorar la madera ignorando algunos procesos en el sector forestal (Pearce, 1990). El desarrollo de este trabajo de investigación consideró la determinación del valor económico de la plantación con y sin manejo y comparar las variables dasométricas; todo esto en base a los procedimientos de un inventario forestal.

1.1. Descripción del problema

En la provincia de Cajamarca y lugares aledaños, a pesar de los resultados óptimos de crecimiento de *Pinus patula*, y por su gran potencialidad que tiene dicha especie, la mayoría de los propietarios de plantaciones no realizan intervención silvicultural o lo realizan de manera deficiente.

En la actualidad hay una escasa valoración de las plantaciones forestales en la provincia de Cajamarca, como también hay muy pocos estudios actualizados sobre inventarios; lo que ocasiona que algunos propietarios continúen con la venta de madera sin intervención silvicultural, a medir por debajo de los beneficios que la madera pueda brindarle, esto podría ser porque desconocen cuánto influye la intervención silvicultural en sus plantaciones y los beneficios que influye un manejo silvicultural (podas y raleos) en las plantaciones. Por otro lado, el valor del suelo que ocupa la plantación no se considera en la valoración, es por esta razón que algunos compradores ofrecen precios bajos, en consecuencia, el propietario se siente contrariado al no recibir ganancias justas por la madera; incluso optan por no plantar árboles. La Cooperativa de Granja Porcón no es ajeno a esta problemática y debido a esto hay necesidad de realizar el presente estudio de valoración

económica que ayude a obtener información sobre los efectos de la intervención silvicultural en la valorización de una plantación de *Pinus patula*.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el valor económico de las plantaciones de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl? & Cham., con y sin intervención silvicultural en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. - Cajamarca?

1.3. Justificación

Las plantaciones de *Pinus patula* actualmente son muy comerciales, con mayor potencial maderable y la más predominante en la cadena de valor en el sector forestal (SERFOR, 2016). Cajamarca es la región con más áreas reforestadas a nivel nacional con coníferas ubicándose mayormente en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. en una extensión alrededor de 10500 ha; estando conformado por pino, eucalipto y ciprés en porcentajes de 98, 1.5 y 0.5 %, respectivamente (Huaripata, 2013). Hoy en día cumple una función importante en su economía de la Cooperativa, ya que con la venta de madera capta 0.60 soles por pie tablar en madera rolliza y 1.80 soles el pie tablar en madera aserrada de *Pinus patula*.

La presente investigación se enfoca en el estudio de la valoración económica de una plantación de *Pinus patula* con y sin intervención silvicultural, de este modo determinar cuánto influye el manejo silvicultural (podas y raleos) y así brindar conocimientos a los propietarios o empresarios madereros a tomar mejores decisiones en la compra y venta de madera en pie.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Valorar económicamente las plantaciones de *Pinus patula* Schiede Schltdl. & Cham con y sin intervención silvicultural en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. - Cajamarca.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Estimar volúmenes de madera de las plantaciones *P. patula* con y sin intervención silvicultural en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. - Cajamarca.
- ✓ Determinar el valor económico de las plantaciones de *P. patula* con y sin intervención silvicultural en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. - Cajamarca.
- ✓ Estimar el valor económico del suelo ocupado por la plantación de *P. patula* con y sin intervención silvicultural en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. - Cajamarca.

1.5. Hipótesis

- **Hipótesis nula**

Las intervenciones silviculturales (poda y raleos), no influyen significativamente en la valoración económica de plantaciones de *Pinus patula* Schiede Schltdl. en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. - Cajamarca.

- **Hipótesis alternativa**

Las intervenciones silviculturales (poda y raleos) influyen significativamente en la valoración económica de plantaciones de *Pinus patula* Schiede Schltdl. en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. - Cajamarca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

En Ecuador en la Microcuenca Zamora Huayco, Loja, Pacheco et al. (2017) llevaron a cabo un estudio de valoración en una plantación sin manejo de 5 ha de *Pinus patula*, teniendo como objetivo determinar el valor más real de la madera en pie, según su calidad de madera aprovechable; en la metodología, registraron DAP, altura total y calidad de fuste, considerando cuantificaciones como número de trozas, volumen en función de trozas, edad del rodal, calidad de trozas; para lo cual se instalaron parcelas rectangulares de 200 m² con distancia de 50 m y un error de muestreo de 20%. Como resultados reportaron el volumen maderable de 121,98 m³ ha⁻¹, y el valor real de \$/ 20295 ha, obteniendo valores volumétricos bajos y costos inferiores.

En Ecuador, provincia de Chimborazo, Merino (2010) en su investigación sobre valoración de madera de una plantación manejada de *Pinus radiata* de 22 años de edad utilizó dos métodos, evaluación de calidad para determinar la valoración de la plantación y el método propuesto por el autor, Regresión Volumétrica; se estimó el volumen en pie e incluyendo el costo de operación de evaluación y cosecha de la plantación. Se instalaron 30 parcelas de 300 m² y 250 m² con un error de muestreo de 9,9 %, se evaluaron variables cuantitativas (DAP, altura) y variables cualitativas (bifurcación, inclinación del árbol, rectitud del fuste y daño mecánico). Como resultado obtuvo el volumen de madera aceptable para el mercado de 5 586,81 m³ y el valor económico de \$ 24 738,30 en una plantación de 17 ha.

En la provincia de Cajamarca, Becerra et al. (2017) realizaron una investigación con fines de valorización del vuelo forestal de *Pinus patula* en el Parque Forestal Aylambo, en una plantación de 41 años de edad. Usaron el modelo Volumétrico de Schumacher y Hall (1993) para comparar la valoración económica con la valoración económica ajustada de la plantación y

determinar el valor actual del vuelo forestal. Se hizo un inventario al 100 % de toda el área para determinar el volumen. Como resultados obtuvo para el vuelo forestal de la plantación de S/ 4351,11 ha⁻¹ y el valor ajustado de S/ 4344,71 ha⁻¹.

En la comunidad campesina de Cumbico del distrito de Magdalena perteneciente al departamento de Cajamarca, Sánchez (2019), estimó el volumen maderable de una plantación donde realizaron labores silviculturales a un 60 % y 40 % sin manejo de una superficie de 14 ha de *Pinus patula*; como objetivo fue determinar la valoración económica de madera en pie y del suelo ocupado; la metodología usada fue la conversión y transformación a partir de un inventario forestal, estableciendo ocho parcelas de 1000 m² midiendo el DAP, altura total y comercial; para determinar el valor económico del suelo se trabajó con el valor final de madera en pie, edad de la plantación (22 años) y la tasa de interés (6 %). En los resultados se obtuvo 48 m³ ha⁻¹ de volumen maderable aprovechable; con un valor económico de S/ 151 m³; y finalmente el valor del suelo con de 14 S/ 374.46 ha⁻¹

En la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén del distrito, provincia y departamento de Cajamarca, Villar et al. (2014) estimaron volúmenes maderables en plantaciones de *Pinus patula* de 30 años de edad; para la cual se instalaron con un muestreo al azar 10 parcelas rectangulares de 20 m x 50 m (1 000 m²), recolectando datos como DAP, altura total (Ht) y comercial (Hc). Como resultado obtuvo un volumen total de 718.4397 m³ ha⁻¹ y volumen comercial de 277.0618 m³ ha⁻¹

2.2. Marco teórico

2.2.1. Descripción *Pinus patula* Schiede Schldl. & Cham.

a.) Taxonomía y descripción morfológica de la especie

Según Tropicos (2022) la especie *Pinus patula* Schldl. & Cham, pertenece al Orden Pinales, familia Pinaceae y al género *Pinus*.

b.) Dendrología de la especie

Los árboles de esta especie alcanzan hasta 40 m de altura y 120 cm de diámetro a una edad longeva. El fuste es casi cilíndrico en individuos adultos; la corteza es áspera y color marrón con desprendimiento de escamas en árboles desarrollados, en individuos jóvenes, la corteza es lisa y rojiza; la ramificación es verticilada, con ramas escamosas y rojizas (Ospina et al., 2011).

c.) Distribución geográfica

Es una especie que puede desarrollarse y crecer en masas puras, es nativa de la región subtropical de México con un amplio grado de adaptación y tiene amplia condición de distribución nativo. La especie ha sido introducida en diferentes países como: Colombia, Brasil, Bolivia, Argentina, Perú, Ecuador, India, Hawái, Kenya (Ramírez et al., 2020). La especie alcanza su nivel óptimo de 1500 a 3100 msnm (Dvorak y Donahue, 1992). Es una especie que se adapta en la formación de bosque húmedo y muy húmedo montano bajo (bh - MB) (Vinueza, 2013).

Las primeras plantaciones de pino se iniciaron en la Región Cajamarca en Sunchubamba en los años 1948, utilizando a *Pinus radiata*, en este contexto la región Cajamarca destaca una de las experiencias más importantes en nuestro país donde se instaló con el apoyo económico de la Comunidad Económica Europea y de la Cooperación Técnica Belga en convenio con el Estado peruano y cuyas plantaciones de distintas especies de pino se establecieron en la Cooperativa Atahualpa Jerusalén entre los años de 1983 y 1989 con un área de 3572 ha los cuales fueron en seis campañas (ADEFOR, 2008). Según estudios se mencionan que las regiones que tienen mayor producción forestal son Junín, Pasco, Cusco, La Libertad, Huánuco, Ancash y Cajamarca; siendo esta última la que ocupa el primer lugar en producción de pino con 61,14% (FAO, 2004).

d.) Requerimientos edafoclimáticos

El *Pinus patula* tiene características adaptables para ser plantadas en las zonas altoandinas (sierra). Esta es resistente a las heladas y sequías. Requiere suelos ligeramente ácidos a neutro (6.1 - 7.3) y suelos profundos, con una textura de franco arenoso y con un buen drenaje. La altitud ideal es de 2800 a 3600 msnm, tolerando temperaturas de 12 a 18°C y finalmente, con precipitaciones de 750 a 2,000 mm (Arborizaciones, 2011).

e.) Tecnología de la madera

Su madera es liviana, blanda, fácil de aserrar, cepillar y pulir y poco resistente. La densidad varía de 0.38 a 0.50 g cm⁻³, su textura es ligeramente gruesa; no es resistente al tratamiento con preservantes; es una madera delicada que son atacados rápidamente por hongos, afectan o pueden dañar a la madera. Secado a natural y artificial con algunas torceduras, pero relativamente la madera seca bien (Vinueza, 2013).

f) Utilidad

La madera del *Pinus patula* es más utilizada en la construcción de viviendas y también en muebles, ebanistería, tableros y postes; su madera es de buena calidad, muy resistente, que también es usado como armaduras, pilotes y vigas, así como en la fabricación de papel por sus características de sus fibras (Cruz y Aguilar 1986).

g) Plantaciones forestales de *Pinus patula*

FAO (2022) indica que las plantaciones forestales son establecidas con diferentes fines y que las características principales para que sea cumpla una plantación forestal, es contar con un

área mínima de 0.5 ha. El propósito de establecer plantaciones con especies forestales es para producir madera, restaurar ecosistemas y proteger el suelo y el agua (Carmona, 2014).

Plantaciones forestales en la Región Cajamarca

La Región Cajamarca presenta varias plantaciones de *Pinus patula*. Esta es la especie exótica con mayor uso para plantaciones forestales y con el mayor potencial maderable en la región de Cajamarca, encontrándose plantaciones en los distritos de Cajamarca, San Pablo, Chetilla, Magdalena, San Juan y Namora, donde se encuentran a la especie *Pinus* con mayor aprovechamiento, seguida por el *Eucalyptus globulus* y *Cupressus macrocarpa* con un volumen comercial promedio maderable de 301.347 m³ ha⁻¹ (MINAGRI, 2018).

RENAMA (2021) indica que existen varias plantaciones forestales con *Pinus patula* y que, en la Región Cajamarca se está reforestando con más de treinta millones de plántulas en toda la región de Cajamarca desde el 2021 y 2023. En el área provincial existen muchas plantaciones en pequeñas extensiones, pero hay predios como Porcón, que tiene una plantación forestal con más de 8736 ha, en su mayoría el pino, como *Pinus patula*, *Pinus radiata*, *Pinus michoacana*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*, con extensiones de 6400, 1040, 160, 240 y 160 ha, respectivamente. Actualmente, en La Cooperativa Atahualpa Jerusalén de Trabajadores está en aprovechamiento a tala rasa.

2.2.2. Valoración económica forestal

La valoración económica es una forma de estimar en términos monetarios de la manera más puntual posible, con el fin de tener en posesión bienes para objetivos específicos; y se basa a partir de cualquier bien de capital o tenga la capacidad de producir beneficios a futuras generaciones (Camperos, 2011).

La valoración forestal, comprende estimar bienes y servicios que abarcan todos los recursos forestales. Es importante también el manejo de bosques, que dará paso a un mejor alcance al uso de los recursos, y extender los beneficios que se puede obtener (Coral et al., 2017).

a. Valor del vuelo forestal

El vuelo forestal abarca el conjunto de árboles, de la parte aérea donde está la madera y subproductos de una plantación forestal; el capital en una plantación forestal, es el recurso maderable el cual se constituye en un bien (ADEFOR, 1996).

- **Valor comercial**

El valor comercial de un vuelo forestal es el precio de mercado que se otorga a la madera en pie y son determinados en m^3 ; y para esta estimación es a partir de un precio de mercado que es fijado en algún centro de consumo, restando los costos de transformación, transporte y utilidades de todas las fases hasta obtener, por diferencia, el valor de la unidad volumétrica en pie (Gregory; 1972).

- **Valor de costo**

Consiste en cuantificar el valor de un rodal en base a lo que ha costado formarlo, por lo que se debe identificar los costos de instalación, plantación, replante, limpiezas, podas, raleos, administración anual y costo de oportunidad del capital y finalmente una tasa de interés (Clulter et al., 1983).

- **Valor Económico**

El valor económico está basado en el concepto teórico del valor económico de cualquier bien de capital, es decir tiene la capacidad de producir beneficios futuros, tanto como los beneficios netos futuros que prodigaron sus propietarios; el valor económico de un bosque es el valor actual

de todos sus ingresos futuros, menos los costos de administración, cosecha y costos de oportunidad de capital (Fontelne, 1983).

b. Valor del suelo forestal

La valoración del suelo forestal debe incluir el factor tierra, ya que en ello habitan todos los ecosistemas forestales y una variedad de vida que habita en el bosque. Cuando mencionan de suelo forestal incluye superficies con cubierta forestal, denominados bosques naturales y sin cubierta forestal, en esta última se instalará una plantación forestal con la especie más adecuada. Al momento de dar un valor o valorizar económicamente el recurso suelo forestal, es necesario incluir todos los costos de la instalación de plantación y otros (Chuquicaja, 2012)

El capital suelo, en cualquier plantación es el área total del bosque; se compone del capital suelo, todas aquellas raíces, semilla, cepas, fertilizantes del suelo que son productos por el vuelo, entonces el conjunto del vuelo y el suelo propician la formación del producto (ADEFOR, 1996).

Las plantaciones forestales que tienen manejo, se debe incluir el valor del suelo en base a la calidad de sitio, costes de manejo, costo de productos en el mercado y la tasa de interés elegida. (Chuquicaja, 2012). La tasa de interés es una característica esencial y apropiada de todo negocio; el precio base es el criterio contra el cual se evalúan las alternativas para el uso del capital (Petriceks et al., 1989).

2.2.3. Manejo forestal

Es el uso de técnicas y la aplicación de métodos silviculturales que permitan la organización de la producción forestal de acuerdo a objetivos y fines previstos. Entre las técnicas más importantes están: podas y raleos (ADEFOR, 1996). El manejo forestal influye en la toma de decisiones y actividades enfocadas al aprovechamiento del recurso forestal, de manera equilibrada

tanto ambiental, económico y social, para cumplir con carencias con la sociedad sin afectar los recursos, que servirán para generaciones futuras (Izko & Burneo, 2003).

En la mayoría de los casos el objetivo del manejo forestal se centra únicamente en la producción de madera, pero con el tiempo ha ido disminuyendo, debido que hay mayor información para entender el valor económico y ambiental que posee una plantación forestal, ya que estos brindan servicios y son más importantes que la producción de madera (Echevarría, 2005).

a. Bases para el manejo de plantaciones forestal

Las bases para un manejo adecuado se orientan en tres niveles: el equilibrio (social, económico y ambiental), la aplicación de un plan de manejo sostenible y finalmente el capital forestal donde incluye esencialmente el suelo y vuelo forestal, de estas bases surgen objetivos como mejorar la calidad del bosque para la producción continua de bienes y servicios en forma sostenible, aumentando el desarrollo de empresas madereras y mejorando la calidad de vida de las poblaciones locales (Kometter, 2006).

b. Importancia del manejo forestal

ADEFOR (1996) menciona que el manejo de plantaciones forestales es de suma importancia, la cual se basa en:

- ✓ Obtención de madera de mejor calidad.
- ✓ Mantener el vigor de la plantación y de los árboles.
- ✓ Evitar enfermedades y plagas.
- ✓ Favorecer la formación del suelo y aumentar la resistencia a los vientos.
- ✓ Permitir el desarrollo de actividades silvopastoriles.

- ✓ Aprovechamiento de leña y forraje.
- ✓ Aumento de la capacidad de abrigo y reducción del escurrimiento o escorrentía.

Para que una plantación forestal manejada cumpla con sus objetivos e importancia, requiere de ciertas condiciones mínimas, las cuales se resumen en:

- ✓ Persistencia: el bosque debe estar siempre presente.
- ✓ Rentabilidad: equilibrio entre la producción estimada y la real.
- ✓ Máximo rendimiento: adecuada selección de especies y método de manejo.

c. Podas

Es una operación de manejo en las plantaciones forestales, que consisten en el corte de ramas en una porción del árbol para obtener madera libre de nudos y mejorar la calidad de la madera; es muy importante dicha práctica para favorecer el crecimiento de un solo tallo principal, protege al bosque de una propagación rápida de incendios y abastecimiento de leña y forraje a corto plazo (AIDER, 2017).

Entre las operaciones de manejo de plantaciones forestales más destacadas por sus valiosos resultados, se encuentra la poda de árboles, la misma que proporciona los siguientes beneficios:

- Producción de madera de mejor calidad: libre de nudos.
- Protege al bosque de una propagación rápida de incendios.
- Abastecimiento de leña y forraje a corto plazo.
- Proporciona materia orgánica al suelo (residuos de la poda), la cual protege al suelo

de fuertes insolaciones, granizadas e impacto del agua de la lluvia intensa.

La influencia de las podas se evidencia directamente en el crecimiento en diámetros de los árboles, siendo muy poco significativo en el desarrollo de altura. Esto varía en función al número de árboles en cada rodal; pues a mayor número de árboles, menos se notará el efecto de la poda; permitiendo variar estilos o tipos de poda de acuerdo a la densidad y especie principalmente (ADEFOR, 1996).

d. Raleos

Es una remoción de árboles que se localizan en una superficie determinada del terreno, que tiene como objeto reducir la competencia desfavorable por un espacio de luz, humedad y nutrientes, así concentrar un número de árboles seleccionados para el incremento de la producción potencial de los productos primarios del bosque. El objetivo del raleo es evitar la pérdida anticipada de madera comercial, el cual va permitir la extensión de la producción de volumen de un rodal, aumentar el valor de crecimiento del diámetro y finalmente el mejoramiento de la calidad de la producción (Castillo et al., 2000)

Es una técnica silvicultural, también conocido como aclareo que consiste en reducir o talar gradualmente el número de árboles en una plantación forestal, haciendo una corta intermedia para concentrar el crecimiento del bosque con los mejores individuos y mejorar la calidad del mismo; esta práctica tiene como objetivo favorecer el crecimiento de árboles con mejores cualidades (sanos y vigorosos), eliminar árboles enfermos y de bajo crecimiento, lograr acumular el volumen total del rodal en pocos árboles, que obtendrán un mayor tamaño (altura y diámetro) (Meza, 2015).

Durante el desarrollo de la plantación forestal, cuando la competencia por la luz, el agua y los nutrientes del suelo se intensifica, algunos árboles comienzan a ser comprimidos y en algunos casos eliminados, iniciándose de esta manera, el llamado raleo natural. El problema de esta

competencia, es que muchos de los árboles oprimidos o débiles sobreviven, limitando las posibilidades de crecimiento de los árboles que presentan un crecimiento promedio o mayor a éste. Por lo tanto, la técnica de raleo permite la selección de los árboles que deben ser eliminados en un momento determinado de su desarrollo, reduciendo la competencia por el sitio, permitiendo disponer mayor cantidad de luz, humedad, nutrientes y espacio a los árboles restante y/o cultivos. La frecuencia e intensidad de los raleos, aplicados de acuerdo a los fines de la plantación, permitieran obtener árboles de las dimensiones requeridas (ADEFOR, 1996).

2.3. Definición de términos

- ✓ **Altura comercial:** corresponde entre la altura de corte y la base de la copa, parte económicamente aprovechable (FAO, 2010)
- ✓ **Altura total:** corresponde entre las distancias vertical del suelo al ápice del árbol (FAO, 2010).
- ✓ **Bloque:** es una parte del bosque que se diferencia de otras por su composición, edad o estado, altura diámetro y especies (Mariscal et al., 2000)
- ✓ **Cuartel:** superficie del monte con unas características determinadas de pendiente, orientación, vegetación que generalmente difieren de las de alrededor. (Mariscal et al., 2000)
- ✓ **DAP:** denominado diámetro a la altura del pecho, y se determina considerando a una altura de 1.30 m de árboles en pie desde el nivel del suelo (Mariscal et al., 2000)
- ✓ **Dendrometría:** definido como la verificación y evaluación de las dimensiones de un árbol, en base a un análisis estadístico (Ugalde, 1981).

- ✓ **Forcípula:** instrumento principal para medir el diámetro del fuste en metros de árboles en pie (Mariscal et al., 2000)
- ✓ **Fuste:** es la parte propia de un árbol comúnmente llamado tronco, que se comercializa o sufre alguna transformación, comprendida desde la superficie del suelo hasta donde inicia la ramificación de la copa (FAO, 2010).
- ✓ **Muestreo forestal:** es la recopilación y estudio de datos obtenidos a partir de un inventario, teniendo en cuenta los principios estadísticos. Mediante métodos estadísticos, el tamaño de muestra representa una parte de una población, lo cual se puede determinar valores correctos de la población (Carrillo, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y características del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en las plantaciones forestales del Proyecto Piloto Forestal (PPF) de la Cooperativa Agraria Atahualpa – Jerusalén de Trabajadores Ltda., específicamente en los bloques Lomo de Pescado y Maquimaqui del Cuartel Taruaconga, ubicados entre las provincias de Cajamarca y San Pablo, a 30 km al norte de la ciudad de Cajamarca, entre los 2900 a 3800 msnm. (Figura 1). Las características de cada bloque fueron:

a) Lomo de Pescado

El bloque “Lomo de Pescado” es una plantación de *Pinus patula* de edad de 33 años, con 72 ha de extensión, ubicado al noroeste de la comunidad Granja Porcón y el sistema de plantación tresbolillo 3m x 3m y tiene intervención silvicultural (podas y raleos).

b) Maquimaqui

El bloque “Maquimaqui” con un área de 110 ha, edad 33 años, (al año 2023) también se encuentra al noroeste de las plantaciones de Granja Porcón, con distribución tresbolillo de 3m x 3m de *Pinus patula*, lo cual hasta la fecha no tiene ninguna intervención silvicultural. En la (Tabla 1) se detallan estos aspectos.

Figura 1

Mapa de ubicación del área de estudio en las plantaciones de la Granja Porcón.

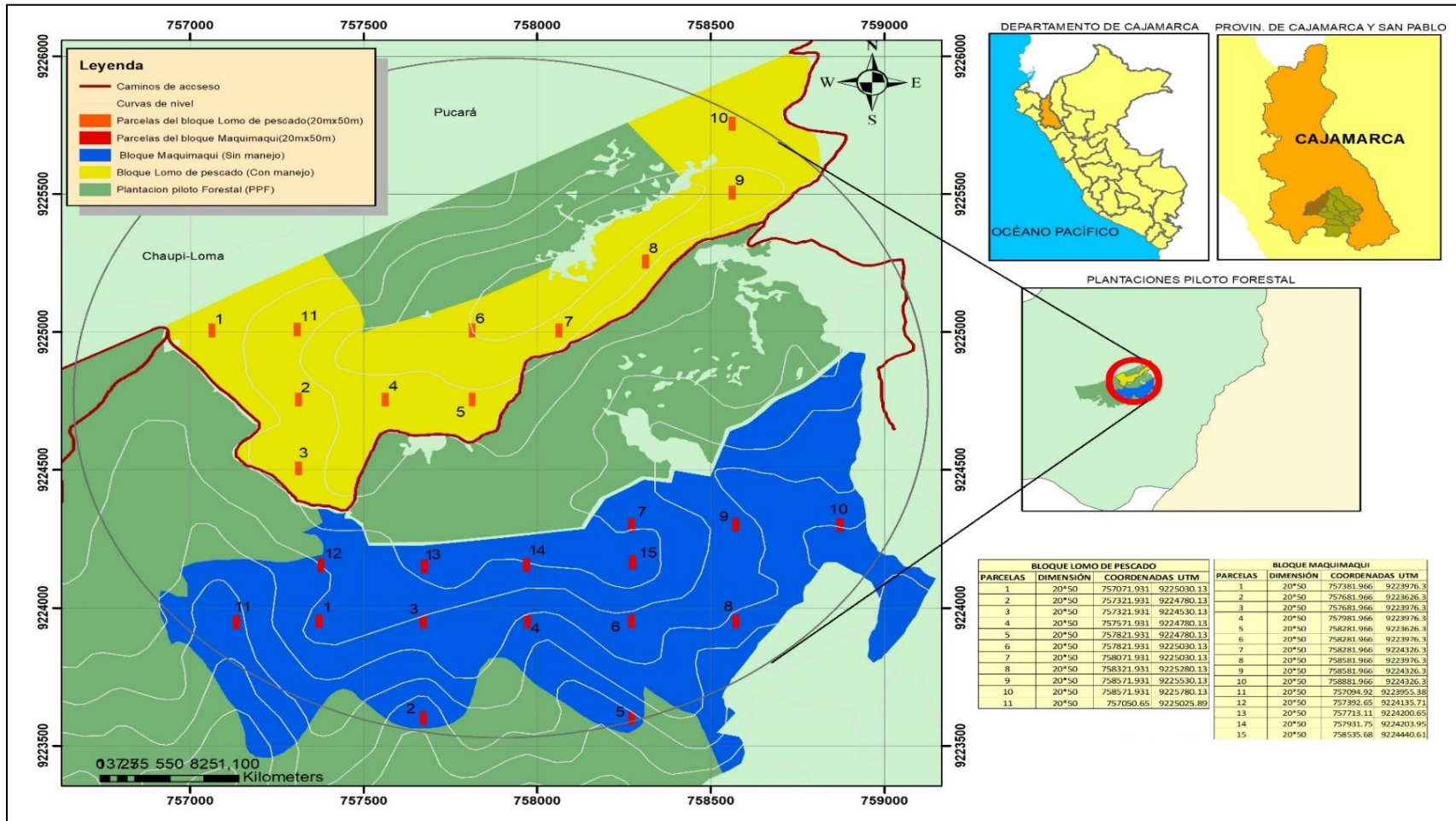


Tabla 1*Características de los bloques evaluados.*

Bloques	Intervención silvicultural	Piso altitudinal		Año de intervención	Superficie (Ha)
		Medio a bajo Edad (Años)	Alto Edad (Años)		
Lomo de Pescado	Poda	Primera poda (% a podar 50%)	7 a 9	8 a 10	2009
		Segunda poda (% a podar 50%)	14 a 16	16 a 18	2014
	Raleo (70%)	Primer raleo (Intensidad de raleo 50%)	7 a 9	8 a 10	2009
		Segundo raleo (intensidad de raleo 20%)	14 a 16	16 a 18	2014
Maquimaqui	Ninguna intervención				116

Fuente: ADEFOR (2008).

✓ Accesibilidad

El acceso a la Cooperativa Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. es desde la ciudad de Cajamarca a través de una carretera de 30 km de longitud, que está conformada por un tramo asfaltado de 20 km aproximadamente que pertenece a la vía principal y un tramo de carretera afirmada de 10 km que incluye hacia el predio; el tiempo total de recorrido es de 45 min.

✓ Clima

El área de La Cooperativa presenta un clima templado frío, cuya temperatura anual oscila entre 3. 58° C a 16. 87°C, con una humedad relativa promedio de 80.87% y la precipitación anual es de 1496.1 mm/año (SENAMHI, 2022).

✓ **Suelos**

Los suelos de la Cooperativa están conformados por tipo areniscas (31%) y calizas (4%) y principalmente por rocas volcánicas (61%), y la mayor parte es materia orgánica, debido a la presencia permanente de follaje en descomposición (Vilca, 2022).

✓ **Topografía**

La Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda., presenta superficies accidentadas, con altitudes (Muruhuisha, con 3,850 msnm, Negro y Cristal, con 3,800 msnm) y cerros con menor altura Campanario, Hualgayoc, con 3,700 msnm, y Taruaconga, con 3,500 msnm) (Vilca 2022).

✓ **Vegetación forestal**

El territorio de La Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. está ocupado en su mayoría por plantaciones forestales de coníferas en más 10,500 ha con diferentes especies de pino. La más sobresaliente es de *Pinus patula*. En menor cantidad son de *P. radiata*, *P. muricata*, *P. pseudostrobus*, *P. montezumae* y *P. greggii* (información verbal del Gerente General de la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda. de Granja Porcón).

✓ **Actividades económicas**

En La Cooperativa se desarrollan diferentes actividades económicas, principalmente la forestal, el turismo, la ganadería, en menor escala la agricultura, industria textil y láctea (información verbal del Gerente General de la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda.).

3.2. Materiales y equipos

Materiales y equipo de campo. Ficha de evaluación, wincha de 50 m, forcípula, estacas de madera, cordel, machetes, telémetro láser, GPS, cámara fotográfica.

Aplicativos para procesamiento de datos. Microsoft Office 2021, SPSS Estadística 13, R Studio.

3.3. Metodología

3.3.1. Variables

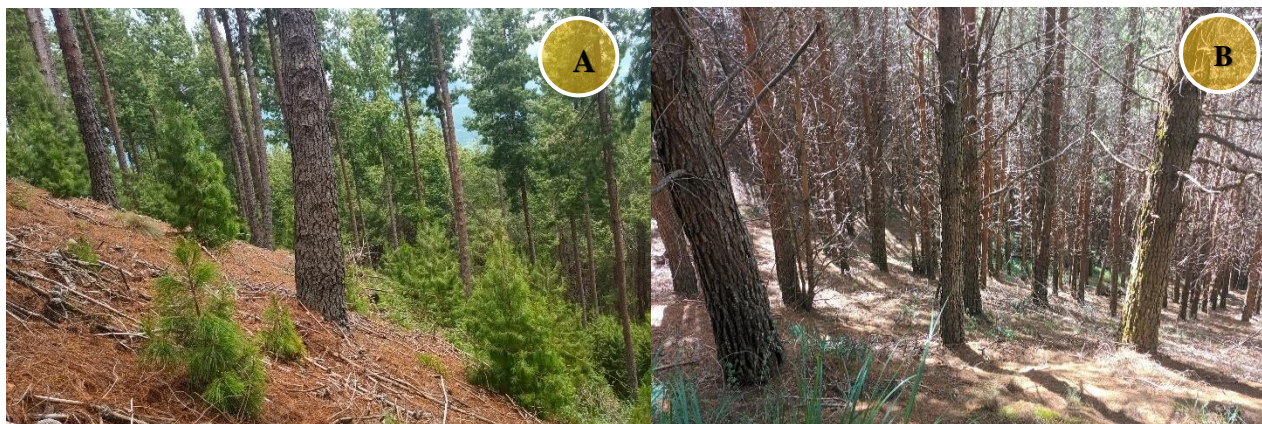
- Valoración económica
- Manejo silvicultural (podas y raleos)

3.3.2. Unidad de análisis, población y muestra

- **Unidad de análisis.** Lo constituye las plantaciones con y sin intervenciones silvícolas de *Pinus patula* del Cuartel Taruaconga de La Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda.

Figura 2

Reconocimiento de las plantaciones de la Cooperativa Atahualpa Jerusalén



Nota. La Figura muestra el estado de las plantaciones: **A.** Lomo de Pescado (con intervención silvicultural), **B.** Maquimaqui (sin intervención silvicultural).

- **Población.** La población está comprendida por todos los individuos comprendidos en la plantación de *Pinus patula* que abarca una extensión de 72 ha para el bloque Lomo de Pescado y 110 ha para el bloque de Maquimaqui.
- **Muestra.** Para la obtención de la muestra se fue necesario determinar el número de unidades muestrales que se obtuvo aplicando la fórmula establecida por Soares et al. (2011):

$$n = \frac{t^2 (\sum_{j=1}^m P_j S_j)^2}{E^2 + \frac{t^2 \sum_{j=1}^m P_j S_j^2}{N}}$$

$$n_j = \frac{P_j S_j}{\sum_{j=1}^{N_j} P_j S_j} n$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

p = Proporcionalidad de áreas. (Relación de la muestra total y submuestra).

S = Desviación estándar

t = Valores estadísticos, t de Student.

E= Error admisible, %

N = Número de unidades muestrales.

Luego de determinar la superficie total de la muestra (N), se procedió a dividir este valor entre el tamaño de la unidad muestral (0.1 ha), obteniéndose 26 parcelas, con un error muestreo del 14.5% y con una intensidad de muestreo al 14%.

- **Tipo de muestreo**

Se empleó el tipo de muestreo al azar, distribuyéndose las 26 parcelas de manera aleatoria dentro de cada bloque.

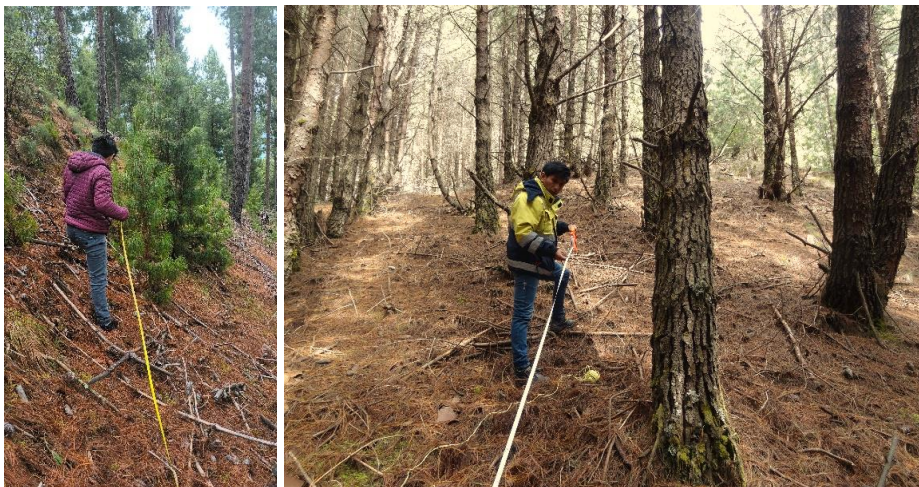
- **Diseño de las unidades muestrales.** El tamaño de la parcela se definió siguiendo las recomendaciones de la FAO (2008) y Villar et al. (2014), quienes recomiendan que, cuando la plantación haya sobrepasado los quince años de edad o tenga por lo menos dos intervenciones silvícolas aplicadas (podas y raleos), el área de las parcelas será de 1,000 m². Para mantener una densidad adecuada dentro de la parcela, la muestra debe estar representada como mínimo con el 10% del área total que estas deben tener dimensiones de 50 m x 20 m equivalente a 0.1 ha.

- **Forma y distribución de las unidades de muestreo**

Las parcelas fueron de forma rectangular de 50 m x 20 m. Para la distribución de las parcelas se procedió, previamente con la ayuda de ArcGIS, a cuadrricular el mapa. Para ubicar cada parcela en el área de estudio se utilizó el receptor GPS para ubicar el centroide, la cual fue previamente determinada en el gabinete mediante la cuadriculación del mapa respectivo. Ubicado el centroide se distribuyeron las parcelas utilizando una wincha y rafia. Para ello se tomó a partir de un vértice, trazando una línea recta en sentido a la pendiente de 50 m y una línea recta de 20 m en sentido transversal. Para cubrir toda el área de estudio se establecieron 11 parcelas para Lomo de Pescado y 15 para Maquimaqui.

Figura 3

Establecimiento de parcelas en los dos bloques



3.3.3. Registro, procesamiento y análisis de datos

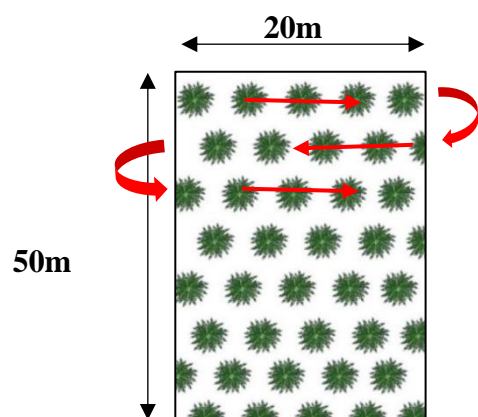
3.3.3.1.Registro de datos

A. Inventario forestal

Se enumeró cada individuo en cada parcela, iniciando la codificación de cada individuo de manera ordenada partiendo de un vértice de la parcela (Figura 4). La codificación se realizó manualmente utilizando pintura amarilla y blanca; las marcas se hicieron a 10 cm por encima del DAP, empleando símbolos que indican la inicial de cada bloque (Figura 5).

Figura 4

Dirección de recorrido para el marcado, codificación y medición de los árboles en cada parcela.

**Figura 5**

Codificación de los árboles para la medición y registro del DAP y alturas (comercial y total).



La medición del DAP de cada individuo se realizó a 1.30 m con respecto al suelo, mediante una forcípula, teniendo en cuenta las recomendaciones técnicas para la medición de esta variable. La altura total y comercial de los árboles se midieron con el auxilio de un telémetro.

Figura 6

Medición del DAP y alturas de los individuos.



B. Determinación del precio actual de madera rolliza

Para conocer y registrar los precios de la madera se realizaron visitas a aserraderos. Los datos recopilados se relacionaron con el precio actual del pie tablar de madera rolliza en el mercado local, y poder evaluar el precio de la madera procedente de plantaciones con y sin intervención

silvicultural. Para determinar el valor económico de las plantaciones se utilizó una pequeña encuesta (Anexos 4 y 5).

3.3.3.2. Procesamiento de datos

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos se realizaron de la siguiente forma:

3.1.1.1. Estimación del volumen de madera

Para determinar el volumen de madera, los datos colectados en campo se insertaron en una hoja de cálculo, donde se sistematizaron y se calcularon las variables como área basal (AB), volumen comercial y volumen total, utilizando las fórmulas:

Método Clásico

$$VC = AB * HC * f$$

Dónde:

VC = Volumen comercial de madera (m³)

AB = Área basal (m²)

Hc = Altura comercial (m)

f = Factor de forma

El factor de forma utilizado fue de 0.50, determinado por Lozano (2018) para *Pinus patula* Schldl. et Cham en las plantaciones de Cajamarca. Reynaga (2013) señala que para determinar la variable área basal es necesario calcular la sección transversal de un árbol.

$$AB = \pi (DAP/2)^2$$

Donde:

AB = Área basal en m^2

DAP = Diámetro a la altura del pecho en metros (1.30 m).

3.1.1.2. Análisis estadístico

Esto se realizó para determinar si las intervenciones silviculturales son estadísticamente significativas para las variables dasométricas: DAP, HC y HT y número de individuos ($N^\circ \text{ ha}^{-1}$), área basal ($AB \text{ ha}^{-1}$), volumen comercial ($VC \text{ ha}^{-1}$) y volumen total ($VT \text{ ha}^{-1}$).

Antes de realizar el análisis estadístico se verificó la normalidad de los datos, para lo cual se usó la prueba de Shapiro-Wilk a un nivel de probabilidad del 95%. Se planteó las siguientes hipótesis.

Ho: La variable dasométrica presenta una distribución normal

Ha: La variable dasométrica no presenta una distribución normal

- Si $p\text{-valor} > 0.05$, no se rechaza H_0 , o sea, la variable procede de una distribución normal, no habiendo necesidad de transformar los datos para atender la presuposición de normalidad.
- Si $p\text{-valor} < 0.05$, se rechaza H_0 , o sea, la variable no procede de una distribución normal, habiendo necesidad de transformar los datos para atender la presuposición de normalidad.

Así mismo para verificar la existencia de varianzas iguales se usó la prueba de Fisher (F) a un nivel de probabilidad del 95%. Se planteó las siguientes hipótesis.

Ho: La variable dasométrica presenta homogeneidad de varianzas

Ha: La variable dasométrica no presenta homogeneidad de varianzas

- Si $p\text{-valor} > 0.05$, no se rechaza H_0 , o sea, la variable procede de una distribución normal, no habiendo necesidad de transformar los datos para atender la presuposición de normalidad.
- Si $p\text{-valor} < 0.05$, se rechaza H_0 , o sea, la variable no procede de una distribución normal, habiendo necesidad de transformar los datos para atender la presuposición de normalidad.

En los datos que presentaron normalidad se evaluó la existencia de diferencias significativas mediante la prueba de t de Student para muestras independientes a un nivel de probabilidad del 95%. Se establecieron las siguientes hipótesis.

H_a : La práctica silvícola influye significativamente en la variable dasométrica.

H_0 : La práctica silvícola no influye significativamente en la variable dasométrica.

Si $p\text{-valor} < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula.

Si $p\text{-valor} > 0.05$ se acepta la hipótesis nula.

Cuando las variables dasométricas no cumplieron los supuestos de normalidad y/o homogeneidad de varianza se usó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras independientes a un nivel de probabilidad del 95%. El análisis estadístico se realizó en los programas estadísticos SPSS y R Studio.

3.1.1.3. Estimación de valor económico del suelo ocupado con y sin manejo

La estimación de valor suelo forestal con y sin intervención silvicultural, se calculó con los datos obtenidos del precio de madera rolliza comercial de la plantación, el cual será los ingresos obtenidos y considerando como ciclo de corta a la edad actual de la plantación (33 años) (Chang, 1984).

Para el cálculo del valor del suelo ocupado por la plantación de pino, se aplicó la siguiente expresión.

$$VP = \frac{IN}{((1+i)^n - 1)}$$

Donde:

VP: Valor potencial del suelo forestal

IN: Ingreso neto (S/.)

i: Tasa de interés expresada en decimal

n: Edad de la cosecha final

Para las tasas de interés se utilizó tres tasas diferentes (8%, 10%, y 12%) recomendadas por Coral (2017).

- **Cálculo del volumen obtenido a pie tablar**

Del volumen comercial obtenido de madera en pie para m³ de la plantación se convertirá a pie tablar de madera rolliza, con la siguiente expresión (SERFOR, 2019).

1 m³ de madera rolliza equivale a 220 pt de madera rolliza.

- **Cálculo de precio de madera con y sin manejo**

Para obtener el precio o ingreso de la plantación con y sin intervenciones silviculturales se realizó a partir del precio promedio de madera rolliza obtenida de cuatro empresas madereras encuestadas (Anexo 7), y para obtener un precio final será igual al producto de madera rolliza en pie tablar por el precio actual de madera rolliza con labores silviculturales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La determinación de la valoración económica de las plantaciones de *Pinus patula* con y sin intervención silvicultural se hizo en base a los resultados de inventario forestal y precios de mercado del pie tablar de madera rolliza, ya establecidos por empresas madereras en la ciudad de Cajamarca (Anexo 3).

4.1. Estimación de volúmenes de madera de árboles en pie de *P. patula*

En el bloque Lomo de Pescado (con intervenciones silvícolas), para la variable DAP se registró un valor mínimo de 0.393 m, un DAP promedio 0.483 m y un DAP máximo de 0.584 m. En lo concerniente a la altura comercial (HC) se registró una altura mínima de 15.450 m, una altura promedio de 19.963 m y máxima de 27.227 m. En lo referente para la altura total (HT) se obtuvo una altura mínima de 23.750 m, una altura promedio de 28.818 m y una altura máxima de 34.500 m. Para la variable N.º de individuos por ha (N.º ha⁻¹) se obtuvo un mínimo de 180 árboles ha⁻¹ y un máximo de 260 árboles ha⁻¹ con un promedio de 221 árboles ha⁻¹; y para área basal por ha (AB ha⁻¹) se muestra un mínimo 29.432 m² y un máximo de 70.090 m² con un promedio de 41.664 m²; asimismo, para el volumen comercial por ha (VC ha⁻¹) se registró un mínimo de 249.107 m³ ha⁻¹ y un máximo de 568.979 m³ ha⁻¹ con un promedio de 414.189 m³ ha⁻¹; y finalmente, para el volumen total por ha (VT ha⁻¹) se calculó un mínimo de 353.000 m³ ha⁻¹ y un máximo de 991.546 m³ ha⁻¹ con un promedio de 606.905 m³ ha⁻¹ (Tabla 2).

En el bloque Maquimaqui la variable DAP se registró un valor mínimo 0.254 m, un DAP promedio 0.336 y un DAP máximo de 0.400 m. En lo correspondiente a la HC se registró una altura mínima 5.396 m, una altura promedio 11.227 m y una altura máxima de 18.612 m. En lo referido a la HT se obtuvo una altura mínima 18.646 m, una altura promedio de 24.372 m y altura máxima 28.819 m. En la variable N ha⁻¹ se obtuvo un mínimo de 180 árboles ha⁻¹ y máxima de 260

árboles ha^{-1} con un promedio de 221 árboles ha^{-1} ; y para el AB ha^{-1} se halló un mínimo 45.536 m^2 y un máximo de 118.357 m^2 con un promedio de 79.039 m^2 ; asimismo para el VC ha^{-1} se registró un mínimo 167.864 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ y máximo de 1073.267 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ con un promedio de 469.884 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$; y finalmente para el VC ha^{-1} se calculó un mínimo de 429.354 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ y un máximo de 1653.110 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ con un promedio de 997.872 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

Tabla 2

Cálculo de los valores dasométricos del Bloque Lomo de Pescado y Maquimaqui.

Tipo plantación	Estadístico	Individuales				Poblacionales			
		DAP (m)	HC (m)	HT (m)	N ha ⁻¹	AB ha ⁻¹ (m ²)	VC ha ⁻¹ (m ³)	VT ha ⁻¹ (m ³)	
Con intervención silvicultural (Lomo de Pescado)	Mínimo	0.393	15.450	23.750	180	29.432	249.107	353.000	
	Promedio	0.483	19.963	28.808	221	41.664	414.189	606.905	
	Máximo	0.584	27.217	34.500	260	70.090	568.979	991.536	
	Rango	0.191	11.767	10.750	80	40.658	319.872	638.536	
	Desviación estándar	0.064	3.749	4.028	28	13.255	125.228	217.085	
	Coefficiente de variación	13.273	18.780	13.985	12.72	31.815	30.234	35.769	
Sin intervención silvicultural (Maquimaqui)	Mínimo	0.254	5.396	18.646	460	45.536	167.864	429.354	
	Promedio	0.336	11.227	24.372	860	79.039	469.884	997.872	
	Máximo	0.400	18.612	28.819	1270	118.357	1073.267	1653.110	
	Rango	0.146	13.215	10.173	810	72.820	905.402	1223.756	
	Desviación estándar	0.045	4.774	3.059	221	22.853	277.379	387.188	
	Coefficiente de variación	13.560	42.526	12.551	25.705	28.914	59.031	38.801	

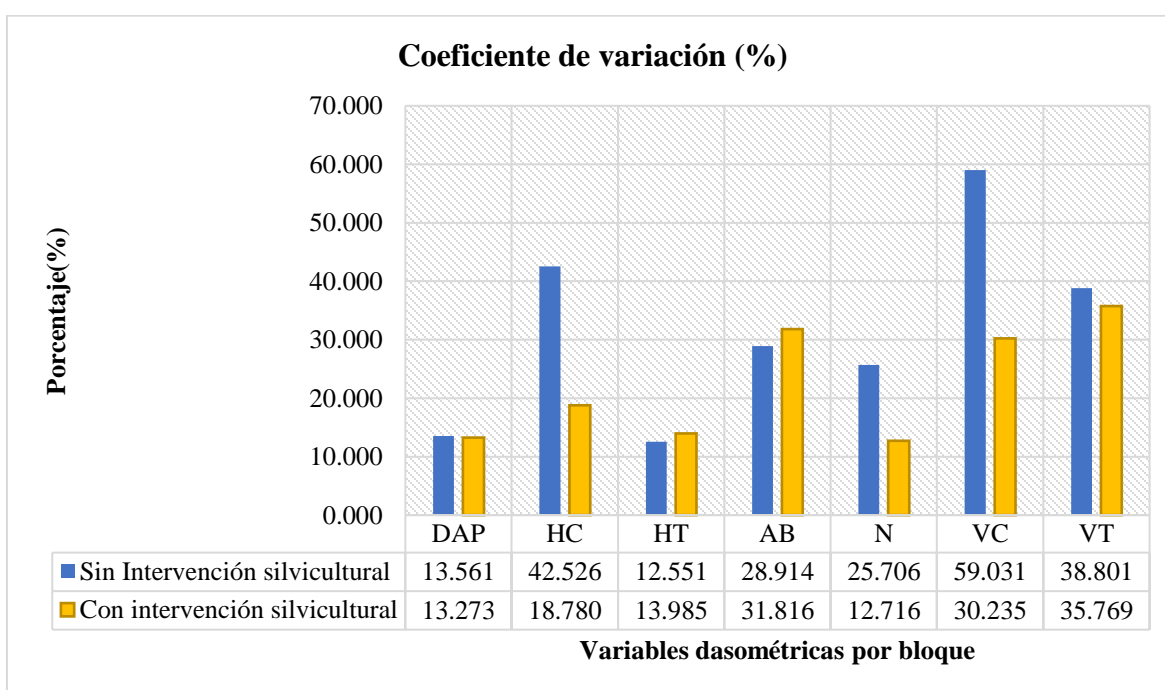
Donde, **DAP**: Diámetro a la altura del pecho (1.3 m). **HC**: Altura comercial; **HT**: Altura total; **N.º ha⁻¹**: Número de árboles por

hectárea; **AB ha⁻¹**: Área basal por hectárea; **VC ha⁻¹**: Volumen comercial por hectárea; **VT ha⁻¹**: Volumen total por hectárea.

ADEFOR (2008) manifiesta que la plantación del Lomo de Pescado ha sido intervenido con la poda de ramas y el raleo (Tabla 1) a comparación del bloque Maquimaqui que no ha sido intervenido, lo que ha generado que estos individuos con intervención silvicultural tienden a tener alturas más uniformes y diámetro similares entre individuos; por esta razón existe homogeneidad en los datos dasométricas en las parcelas con labores silviculturales, por lo que se demuestra que realizar poda y raleos genera tener un crecimiento más homogéneo de la masa forestal.

Figura 7

Comparación de Coeficiente de variación (%) entre los bloques con y sin intervención silvicultural.



De forma general se evidencia que las variables dasométricas del bloque sin ninguna intervención silvícola (Maquimaqui) presentó mayor variabilidad en los coeficientes de variación (CV) alcanzando valores superiores, como se demuestra para números individuos $N\ ha^{-1}$, HC y VC, cuyos valores obtenidos fueron de 25.71 %, 42.53 % y 59.03 %, respectivamente, a

comparación del bloque con intervención silvicultural se obtuvieron valores de 12.72 %, 18.78 % y 30.23 % para las mismas variables (Figura 7). Cabe resaltar que, si un coeficiente es próximo a cero, significa que existe poca variabilidad en los datos, en otras palabras, tienden a ser más homogéneos (Triola, 2009).

Cabe mencionar que, según datos obtenidos, las intervenciones silviculturales (poda y raleo), tienen efectos en el rodal, en tal sentido los autores López et al. (2018), Gutiérrez et al. (2019) en sus investigaciones mencionan que a partir de sus resultados del coeficiente de variación menores o cercano a cero; y que al aplicar labores silviculturales permiten que las plantaciones tengan un grado de homogeneidad en las variables, ya que con intervención silvicultural se obtendrá árboles que presentan rápido crecimiento, uniforme y obtienen al mismo tiempo mayor volumen maderable, por ende, las variables dasométricas son homogéneas.

Tabla 3

Test de normalidad de las variables dasométricas del bloque con intervención silvicultural y sin intervención silvicultural.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p
N.º ha⁻¹	0.878	26	0.005
DAP	0.954	26	0.272
HC	0.946	26	0.189
HT	0.957	26	0.331
AB ha⁻¹	0.933	26	0.093
VC ha⁻¹	0.860	26	0.002
VT ha⁻¹	0.909	26	0.024

Donde, **gl**: grado de libertad; **p**: p-valor o grado de significancia.

Las variables dasométricas que presentan una distribución normal fueron DAP, HC, HT y AB, pues los valores obtenidos son mayor o igual a “p-valor” de 0.05 (0.272, 0.189, 0.331 y 0.093

respectivamente) (Tabla 3). Entonces no se rechaza la (H_0), lo que quiere decir que cumplen con el supuesto de normalidad o distribución normal. Por otro lado, las variables dasométricas N° , VC y VT, presentaron valores menores a “p-valor” (0.005, 0.002 y 0.024 respectivamente), lo que quiere decir es que rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a , por ende, estos datos no tienen una distribución normal, por la tanto se debe aplicar estadística no paramétrica (Prueba de Wilcoxon).

Las variables dasométricas DAP, HC, HT y AB presentan homogeneidad de varianza pues los valores obtenidos son mayor o igual a “p-valor” de 0.05 (0.112, 0.290, 0.312 y 0.060, respectivamente) (Tabla 4). Entonces hay que hacer notar, que no se rechaza la H_0 , lo que quiere decir que cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianza; por lo cual se realizó la comparación de medias mediante la prueba de t de Student para muestras independientes.

Tabla 4

Test de homogeneidad de varianza de las variables dasométricas del bloque con intervención silvicultural y sin intervención silvicultural

Variable dasométrica	p
DAP	0.112
HC	0.290
HT	0.312
AB	0.060

Donde, **p**: p-valor o grado de significancia.

Existen diferencias significativas en los bloques con y sin *intervención silvicultural* para las variables dasométricas DAP, HC, HT y AB a un 95% de probabilidad, pues los valores obtenidos son menores al “p-valor” de 0 (Tabla 5). Se afirma que las intervenciones silviculturales

sí influyen significativamente en las dimensiones de estas variables, se logra demostrar la eficiencia de las podas y raleos.

Tabla 5

Test de Student para las variables dasométricas a nivel de bloques.

Variable dasométrica	p
DAP	0.000
HC	0.000
HT	0.004
AB	0.000

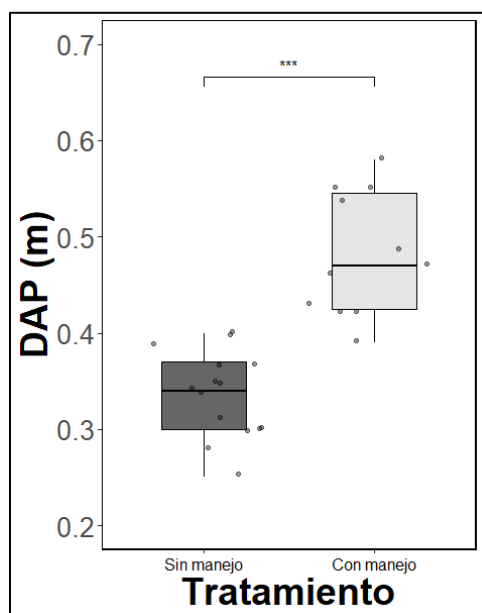
Donde, **p**: p-valor o grado de significancia.

El DAP presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) (Tabla 5). Se encontró árboles con mayores diámetros en el bloque con intervención silvicultural con un promedio de 0.48 m; y menores diámetros en el bloque sin intervención silvicultural con promedio de 0.34 m (Tabla 2 y Figura 8).

Al aplicar podas y raleos, se deduce que aumentó el diámetro en los árboles (Figura 8), es decir, que al reducir la densidad del rodal va a generar un aumento en la disponibilidad de recursos (agua, nutrientes, radiación solar y espacio), favoreciendo el crecimiento de los árboles remanentes (Torres et al., 2017). Por otra parte, Ferrere et al. (2015), Pezzuttii (2011) y Crechi et al. (2005) sostienen que el raleo es efectivo en el incremento del diámetro, corroborando el presente trabajo tal como ya se mencionó que si se ha encontrado diferencias significativas entre ambos bloques estudiados (con y sin intervenciones silviculturales).

Figura 8

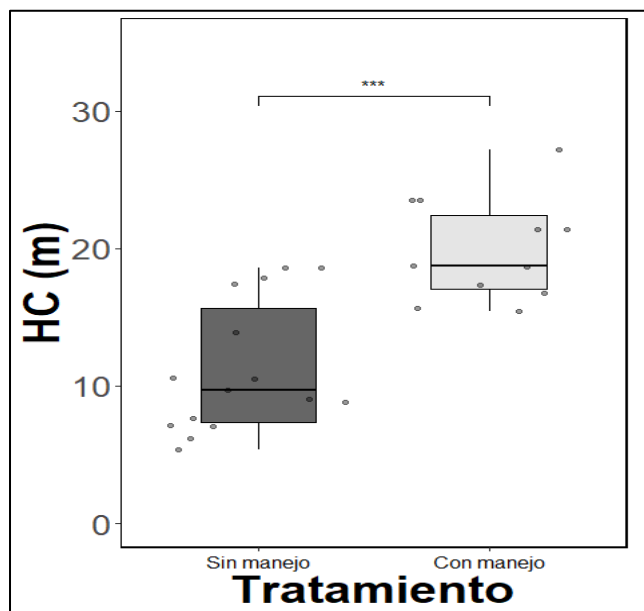
Diagramas para los datos promedios representativos del diámetro con y sin intervención silvicultural.



En cuanto a HC, existe diferencias significativas ($p < 0.05$) (Tabla 5). Se registró árboles con mayores alturas comerciales en el bloque que fue sometido a podas y raleos, alcanzando una altura promedio de 19.96 m (Tabla 2 y Figura 9).

Figura 9

Diagramas para los datos promedios representativos de la altura comercial con y sin intervención silvicultural



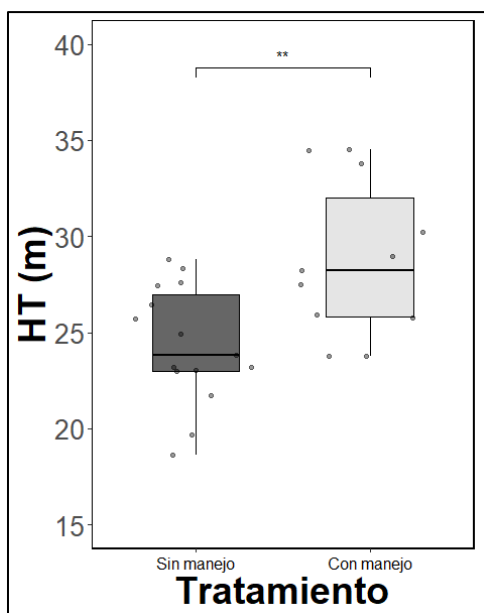
En lo concerniente a HT (con y sin intervención silvicultural), si existen diferencias significativas ($p < 0.05$) (Tabla 5). Los árboles alcanzaron mayores alturas en el bloque que fue podado y raleado con un promedio de 28.81 m y el bloque sin intervención 24.372 m (Tabla 2 y Figura 10).

Imaña et., al (2008) señala que los árboles tienden a crecer y obtener alturas máximas en su primera etapa juvenil, ya que necesitan estar expuestas a los rayos del sol, así como también su crecimiento en el diámetro son mayores, pero al transcurrir los años en la etapa de madurez la tasa de crecimiento va disminuyendo, debido a la competencia, pero con raleos estas continúan el crecimiento en diámetro y altura; finalmente, al llegar a su fase final, a pesar de las labores silviculturales, los árboles mantienen su altura y diámetro; por lo tanto, según resultados indicados

(Tabla 2), en el bloque con intervención silvicultural se obtienen mayores alturas y diámetros con mayor incremento de volumen de un árbol. Por otra parte, Prodan et al. (1997) indican que el incremento en altura está influenciado por la competencia entre las especies por espacio y luz afectando su incremento en altura al no tener podas y raleos, aumentando su masa en la ramificación, afectando la productividad y la calidad del producto a obtener.

Figura 10

Diagramas para los datos promedios representativos de la altura total con y sin intervención silvicultural.



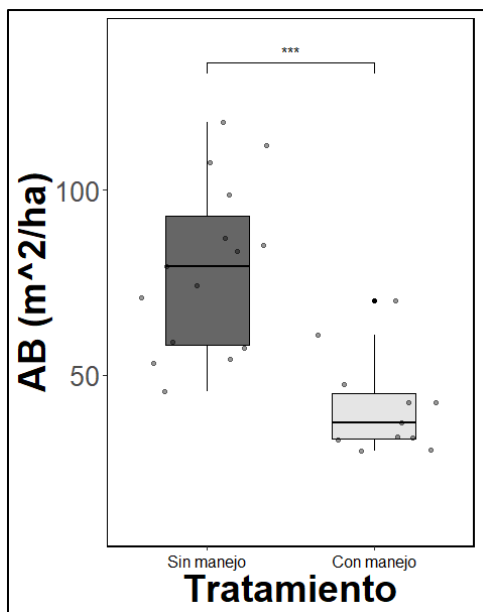
El AB presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) (Tabla 5). Se encontró árboles con menor área basal en el bloque con intervenciones silvicultural con un promedio de 41.6645 m; y mayor área basal en el bloque sin intervención con promedio de 79.0398 m (Tabla 2 y Figura 11).

Esto sucede porque, en el bloque sin intervención silvicultural hay individuos con menores dimensiones, pero se compensa por el mayor número de individuos en las parcelas sin

intervenciones silviculturales a comparación con las parcelas con intervención silvicultural con menor número de individuos. El efecto de las intervenciones silviculturales con fines comerciales mediante podas y raleos tienen un importante efecto sobre el desarrollo de las variables forestales. Por un lado, al realizar raleos, más del 70% de una plantación, se reduce fuertemente el AB en el número de árboles (Figura 11), pero aumenta el diámetro de los árboles (Figura 8), lo cual coincide con Sotomayor et al. (2010), es decir, se tienen menor número de árboles, va generar un mayor diámetro en el transcurso de los años, se obtendrá árboles con mayores dimensiones, lo que genera mayor productividad en madera aserrada y troza de mayores dimensiones para ser comercializados como madera aserrada larga para tableros, por lo consiguiente una madera proveniente de una plantación con intervenciones silviculturales tiene mayor opción para diversas industrias.

Figura 11

Diagramas para los datos promedios representativos del área basal con y sin intervención silvicultural.



El N ha⁻¹ presentó diferencias significativas en los bloques con y sin intervención silvicultural de acuerdo a la prueba no paramétrica de Wilcoxon a un 95% de probabilidad, pues los valores obtenidos son menores al “p-valor” de 0.05. En cuanto al número de individuos por hectárea (Figura 12), no cumple con el supuesto de normalidad y homogeneidad, por lo que se aplicó la prueba Man Whitney, para datos no paramétricos. Se encontró que existe un menor número de árboles (221 árboles ha⁻¹) en el bloque raleado, esto no necesita mayor análisis ya que se realizaron 2 raleos, el primero a una intensidad de 50 % y el segundo raleo con intensidad de 20% en cambio, el mayor número de árboles presenta el bloque sin labores silvícolas con un promedio de 860 individuos ha⁻¹ (Tabla 2 y Figura 13), por información documentaria se sabe que la densidad inicial al momento del establecimiento fue de 1280 árboles ha⁻¹, por lo que durante el transcurso del tiempo muchos individuos han ido muriendo debido a la competencia u otros factores climáticos.

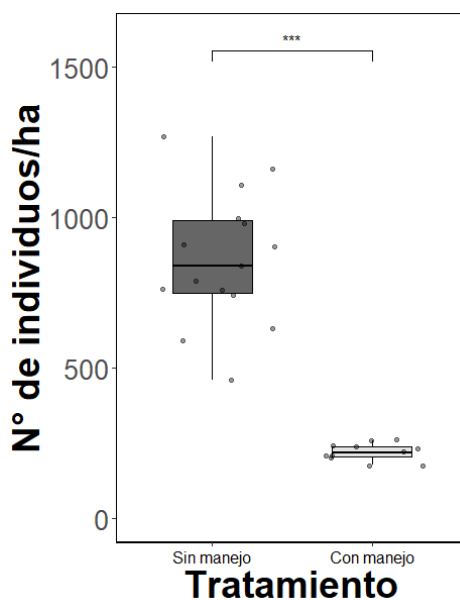
Figura 12

Prueba U de Mann- Whitney para la variable dasométrica número de individuos.

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de N/HA es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechace la hipótesis nula.

Figura 13

Diagramas para los datos promedios representativos del número de individuos con y sin intervención silvicultural.



El VC no presentó diferencias significativas en los bloques con y sin prácticas silvícolas de acuerdo a la prueba no paramétrica de Wilcoxon a un 95% de probabilidad, pues el valor obtenido es mayor al “p-valor” de 0.05 (Figura 14). El promedio del VC de los bloques con y sin intervenciones silviculturales presentaron volúmenes maderables casi similares, con cantidades de $414.1896 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y $469.8843 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente (Tabla 3 y Figura 15), Espinosa et., (2005) indican que, en rodales coetáneos, el rendimiento bruto de un rodal no raleado es aproximadamente igualado por el de un rodal raleado, o muchas veces el raleo puede incrementar la producción de volumen cúbico bruto de un rodal. El crecimiento y rendimiento de un rodal está estrechamente relacionado con la densidad, es decir, que el crecimiento en volumen incrementa a medida que

aumenta la densidad hasta un punto donde se alcanza un máximo o meseta, luego de lo cual el crecimiento disminuye con la densidad.

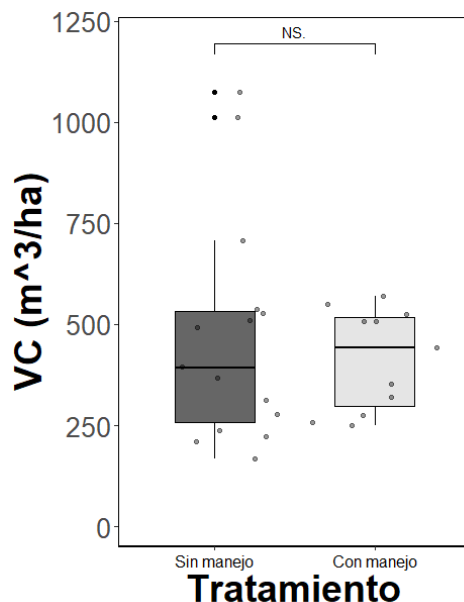
Figura 14

Prueba U de Mann - Whitney para la variable dasométrica volumen comercial

2	La distribución de VC/HA es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,959 ¹	Conserve la hipótesis nula.
----------	--	---	-------------------	-----------------------------

Figura 15

Diagramas para los datos promedios representativos del volumen comercial con y sin intervención silvicultural.



El VT presentó diferencias significativas en los bloques con y sin intervención silvicultural de acuerdo a la prueba no paramétrica de Wilcoxon a un 95% de probabilidad, pues el valor obtenido es mayor al “p-valor” de 0 (Figura 16). El promedio del VT de los bloques con y sin intervención silvicultural presentaron volúmenes maderables con gran diferencia, con cantidades de $606.9059 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y $997.8728 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente (Tabla 2 y Figura 17). Se muestra que el

AB ha⁻¹ y N.º ha⁻¹ es mayor en las parcelas sin intervención silvicultural, en definitiva, existen individuos con menores dimensiones, pero se compensa por el mayor número de individuos en las parcelas sin intervención silvicultural a comparación con las parcelas con intervención con menor número de individuos, por eso que estadísticamente aunque no exista diferencia significativa en el VC, la madera a comparación entre bloques es de mayor calidad con fines comerciales y tiene un mayor precio a diferencia de la madera sin intervención silvicultural, por la presencia de nudos o existe mayor desperdicio al momento de aserrar la madera (Anexo 4).

Entonces si nos centramos en la parte comercial, se necesita madera de calidad para lo cual los árboles tengan diámetros mayores, fustes más cilíndricos, alturas dominantes con respecto a las parcelas sin intervención silvicultural. El presente trabajo se observó un fuerte incremento en el diámetro de ramas en el bloque sin intervención silvicultural, por ende, si no existe poda de ramas, lo que va generar son ramas gruesas desde la base, incluso va generar una gran cantidad de ramas, lo que ocasiona nudos de gran tamaño, afectando la calidad de madera, lo cual coincide o dicho por Sotomayor et al. (2008) y Sotomayor (1980), quienes expresan que un factor importante de considerar en el manejo forestal es la aplicación de las prácticas silvícolas (podas y raleos); es el diámetro de ramas, lo que va ocasionar el aumento del centro nudoso, lo que desclasifica a las trozas de madera aserrada de calidad. Por ello, es importante los tratamientos silviculturales; podar oportunamente a alturas apropiadas y a temprana edad, para de esta forma obtener trozas con libre de nudos.

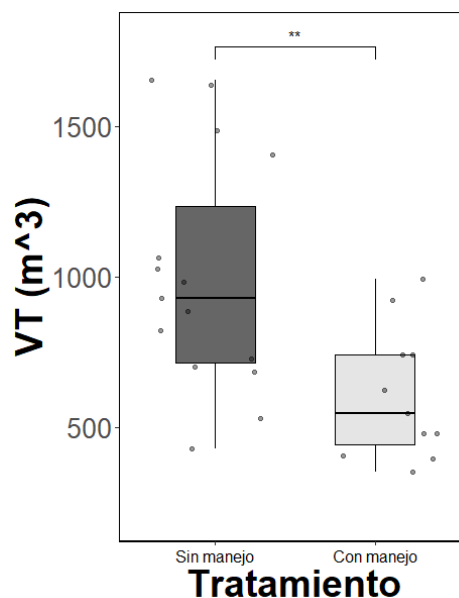
Figura 16

Prueba U de Mann-Whitney para las variables dasométricas volumen total.

3	La distribución de VT/HA es la misma entre las categorías de TIPO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,0081	Rechace la hipótesis nula.
---	--	---	-------	----------------------------

Figura 17

Diagramas para los datos promedios representativos del volumen total con y sin intervención silvicultural.



4.2. Valorización económica de las plantaciones Lomo De Pescado y Maquimaqui

La valorización económica de la plantación será el ingreso de madera comercial, para la cual se utilizó el promedio de VC ha⁻¹ de las parcelas con y sin intervención silvicultural. Se determinó un precio promedio con y sin intervención silvicultural de madera rolliza que actualmente utilizan en la venta de la madera en la ciudad de Cajamarca (Tabla 6).

Tabla 6

Precios de pie tablar madera rolliza con y sin intervención silvicultural en la ciudad de Cajamarca.

NOMBRE DE EMPRESA	DIRECCIÓN	PRECIO (S/. /pt)	
		Con intervención silvicultural	Sin intervención silvicultural
Forestales Caxamarca	Llacanora km7, Cajamarca	1.3	1.1
Aserradero ADEFOR	Fundo Tartar S/N° (carretera Cajamarca – Otuzco)	1.2	0.9
Atahualpa Jerusalén	km 30 de la ciudad de Cajamarca	0.8	0.6
Maderera San Martin	Jr. Beato Masías Nro. 619	2.1	1.8
PROMEDIO		1.35	1.1

Si comparamos los resultados a nivel del volumen comercial, la cantidad encontrado en la investigación realizada en la Cooperativa Agraria Jerusalén de Trabajadores Ltda., con y sin intervención silvicultural fue de 414.189 m³ ha⁻¹ y 469.884 m³ ha⁻¹, respetivamente, pero cabe recalcar que, en Lomo de Pescado se realizó un raleo al 70%, casi la mayor parte de la plantación. Estos resultados son mayores comparando los obtenido por Merino (2017) en su investigación, que reportan datos sin intervención silvicultural de 227 m³ ha⁻¹. Otros estudios como el de Merino (2010), expresa que la productividad de plantaciones de pino con intervención silvicultural produce entre 300 a 350 m³ ha⁻¹, valor alejado a los resultados obtenidos. Los resultados del estudio de Sánchez (2019) en una plantación con 22 años de edad sin intervención silvicultural obtuvo 248 m³ ha⁻¹ con a comparación con la presente investigación es menor, lo cual se debería que las plantaciones de Cooperativa Agraria Jerusalén de Trabajadores Ltda., han recibido un manejo silvicultural (podas y raleos) adecuado y mientras que en la plantación de Cumbico solo se hicieron la primera labor silvicultural de forma deficiente. Por esta razón, los bajos valores en una

plantación en pie, son ocasionados por la falta de una intervención silvicultural que limitan la producción.

Por otro lado, un factor importante que se debe mencionar, es la calidad de sitio que influyen en el crecimiento y desarrollo de los árboles. Las diferencias significativas de volumen obtenido en el presente estudio con respecto a otros estudios podrían deberse a la calidad de sitio, ya que, en Cooperativa Agraria Jerusalén de Trabajadores Ltda., esta especie forestal (*Pinus patula*) fueron plantados asegurando los requerimientos edafoclimáticos y así poder predecir en forma más o menos acertada, el futuro económico de la plantación (CICAFOR, 1985). Cooperativa Agraria Jerusalén de Trabajadores Ltda., presenta suelos con pH ácido, y rico en materia orgánica, procedentes de rocas volcánicas areniscas y calizas (Sánchez, 2019). Según un estudio realizado de la calidad de sitio del *Pinus patula*; el efecto en las variables dasométricas y del crecimiento de los árboles son altamente significativas, es decir la calidad de sitio es determinante en el incremento de la variable diámetro (García et al., s. f.).

Tabla 7

Ingresos obtenidos de madera comercial por plantación con y sin intervención silvicultural.

Bloques		Superficie (Ha)	VC (m ³ ha ⁻¹)	VC (Pt ha ⁻¹)	Valor obtenido S/.
Con intervención silvicultural	Lomo de Pescado	72	414.18	91121.71	123,014.31
Sin intervención silvicultural	Maquimaqui	110	469.88	103374.54	113,712.00

Donde, **VC/ha**: volumen comercial en m³ ha⁻¹; **Pt ha⁻¹**: pie tablar por ha.

De los resultados en cuanto a los ingresos de madera rolliza, se muestra que es mayor en una plantación con intervención silvicultural S/. 123,014.31 Pt ha⁻¹ a comparación sin intervención silvicultural con S/ 113,712.00 Pt ha⁻¹; (Tabla 7), por lo tanto, se logra obtener mayor ganancia

monetaria con la madera proveniente de una plantación con intervención silvicultural, a pesar que Lomo de Pescado se ha realizado un raleo del 70%, quedando solamente un promedio de 221 árboles ha^{-1} . En valores monetarios podemos afirmar también que con intervenciones silviculturales se va obtener mayores ingresos y recuperar lo invertido inicialmente en una plantación. En este sentido las labores de podas y raleos permite la producción de madera de mayor calidad, generando ingresos a largo plazo y corto plazo, proveniente de las operaciones silviculturales como son principalmente raleos y podas (Sotomayor et al., 2010).

4.3. Estimación de valor del suelo ocupado por la plantación

Para la estimación de valor del suelo con y sin intervención silvicultural se utilizó tres tasas de interés como lo recomienda Coral (2017) ya que no hay una tasa específica para plantaciones forestales. La tasa de interés para las plantaciones forestales puede variar dependiendo de varios factores, como la ubicación geográfica, las condiciones económicas, el riesgo asociado y las políticas gubernamentales.

Según resultados el valor económico del suelo para madera rolliza con tres tasas guías de interés para cada bloque, el valor para una tasa guía de interés al 8% de una plantación con intervención silvicultural, considerando solo madera rolliza es de S/ 10535.61 ha^{-1} , así asimismo al 10% y 12% con S/ 5534.91 ha^{-1} y S/ 2993.67 ha^{-1} , respectivamente. Para el suelo, con plantación sin intervención silvicultural se obtuvo con una tasa guía de interés de 8% también considerando solo madera rolliza es de S/ 9738.91 ha^{-1} además al 10% y 12% con S/ 5116.36 ha^{-1} y S/ 2767.29 ha^{-1} ; como se logra evidenciar existe mayor valor en suelos con plantaciones con intervención silvicultural.

Tabla 8

Valor económico del suelo ocupado para madera rolliza (r) de Pinus patula con y sin intervención silvicultural.

Bloques	Valor obtenido (S/.)	TGI (%)	Precio Suelo S/. ha⁻¹
Con		8%	10535.61
intervención	123,014.31	10%	5534.91
silvicultural		12%	2993.67
Sin		8%	9738.91
intervención	113,712.00	10%	5116.36
silvicultural		12%	2767.29

Donde, **TGI:** tasa guía de interés.

Al comparar un suelo con y sin intervenciones silviculturales se observa gran diferencia en valores monetarios. El autor Coral (2017) recomienda que se debe incluir productos como hongos comestibles, y servicios como ecoturismo para obtener mayor ingreso; por ende, el suelo va incrementar su valor y se va conseguir mejores beneficios y elevar sus costos monetarios al momento de vender, y considerar el suelo forestal en una plantación con sus respectivas labores silviculturales.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La estimación del volumen comercial aprovechable de las plantaciones de *Pinus patula* en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores Ltda., es de 414.1896 m³ ha⁻¹ con intervención silvicultural y 469.8843m³ ha⁻¹ sin intervención silvicultural. Son valores similares, pero un factor importante es la calidad de madera; con intervención silvicultural (podas y raleos) o madera proveniente de una plantación con manejo forestal se van obtener beneficios, y tiene mayor opción para diversas industrias, así como también producir la madera de la más alta calidad que permita obtener mayores ingresos o remunerar lo invertido en el trabajo inicial en una plantación.

El valor económico de las plantaciones de *Pinus patula* en Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores es de S/ 113,712.00 ha⁻¹ para Lomo de Pescado (con intervención silvicultural) y S/ 123,014.31 ha⁻¹ para Maquimaqui (sin intervención silvicultural).

El valor económico del suelo ocupado de las plantaciones de *P. patula* en la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores, considerando solo la producción de madera rolliza con intervención silvicultural (S/ 10535.61 ha⁻¹; S/ 5534.91 ha⁻¹ y S/ 2993.67 ha⁻¹) y sin intervención silvicultural (S/ 9738.91 /ha; S/ 5116.36 ha⁻¹ y S/ 2767.29) para tasas guías de interés de 8%; 10% y 12%, respectivamente.

5.2. Recomendaciones

Proponer siempre un plan de manejo forestal para la obtención de mejores resultados monetarios o ingresos en una plantación forestal.

Se recomienda siempre hacer el uso de las prácticas silvícolas de poda y raleo, ya que influyen en la calidad de madera.

Incluir otros productos y servicios para la valorización de una plantación forestal para obtener mayores ingresos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEFOR (Asociación Civil para la Investigación y Desarrollo Forestal). (1996). Manual para el manejo de plantaciones forestales. Cajamarca.
- ADEFOR (Asociación Civil para la Investigación y Desarrollo Forestal). (2008). Plan General de Manejo Forestal de las Plantaciones de la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén de Trabajadores LTDA – Granja Porcón, Establecido en convenio con el Proyecto Piloto de Forestación (PPF). Cajamarca, PE. 87 p
- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo Forestal en el Siglo XXI. *Madera y Bosques*, 21. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.210423>
- AIDER. (2017). Manual de buenas prácticas de manejo forestal sostenible para el bosque. Lima: Proyecto PD741/14 Rev.3.
- Arborizaciones. (2022). *Pinus patula*. Recuperado el 4 de agosto de 2022, de <http://arborizaciones.com/wp-content/uploads/2021/01/Pino.P%C3%A1tula.pdf>
- Becerra García, W. (2021). Evaluación preliminar de estándares de certificación forestal en la concesión de la empresa forestal Aguajal Efasac –Aguaytía. Universidad Nacional Agraria de la Selva. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1862>
- Becerra, V., & Goycochea Casas, G. (2017). Ecuación volumétrica para valorar el vuelo forestal del Parque Forestal Aylambo de la Universidad Nacional de Cajamarca. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1. <https://doi.org/10.25127/ucni.v1i1.97>
- Cabrera, T., Armas, S., & Jaramillo, J. (2019). Valoración económica ambiental, producción de biomasa y carbono de un bosque nativo andino, frente a plantaciones forestales *Eucalyptus*

- globulus y pinus patula, en la Provincia de Loja. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 1, 25-31. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.1801>
- Camperos, A. (2011). Manual de métodos aplicados para el avalúo de edificaciones en el Municipio Maracaibo. Trabajo de grado Especialista en Construcción de Obras Civiles. Maracaibo, VE, Universidad Rafael Urdaneta.
- Carrillo, E. (2008). Casos prácticos para muestreo e inventarios forestales. División de ciencias forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 172 p.
- Carmona, E. V. (2014). Plantaciones forestales. Comunicación y bosques. <https://evelynvargascarmona.wordpress.com/2014/04/27/plantaciones-forestales/>
- Castillo, P., De la Cruz, O., & Takano, K. (2000). Manual de plantaciones forestales. Panamá: Proyecto de Desarrollo Técnico de la Conservación de los Bosques.
- Catpo, J. (2004). Determinación de la ecuación alométrica de Pinus patula y estimación del contenido de carbono en su biomasa arbórea en Porcón, Cajamarca, Perú. Tesis Ing. Forestal. UNALM. Lima – Perú. 65 p.
- CICAFOR. (1985). (Centro de Investigación y Capacitación Forestal). Manual del Técnico Forestal. Cajamarca, Perú
- Chang, S. 1984. Determinación de la rotación opcional de plantaciones de pino en México. 8: 137 – 147p.
- Chuquicaja, C. (2012). Apuntes y material del curso Valoración Forestal. Lima, PE, UNALM.
- Coral, J. M., Segura, C. C., & Gallardo, U. P. ajares. (2017). Estimación del valor de uso directo del suelo en el ámbito del proyecto piloto de reforestación (PPF), Granja Porcón,

- Cajamarca. Revista Forestal del Perú, 32(2), Art. 2.
<https://doi.org/10.21704/rfp.v32i2.1037>
- Cruz Pérez. (2017). Valoración económica de las especies productoras de madera circundantes al monumento nacional. Cuba
- Echevarría, J. H. (2005). Criterios e indicadores de manejo forestal sostenible. Cuba: Ministerio de Agricultura.
- Espinosa Bancalari, M., & Muñoz Sáez, F. (2005). Silvicultura de plantaciones. Universidad de Concepción. https://www2.udec.cl/~fmunoz/Apuntes_Silvicultura_Plantaciones.pdf
- FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). (2004). Inventario nacional forestal: manual de campo modelo. Guatemala. Dan Altrell.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). (2008). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Roma, Italia.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales Informe principal. Roma, Italia.
- Fontelne, E., (1983). Evaluación Social de Proyectos. Ediciones Universidad Católica. Santiago. Chile
- García, J; Gómez J. (1989). Tablas de producción de densidad variable para Pinus pinaster. Madrid. Sistema Central. Comunicaciones INIA.

- García-Aguilar, J. Á., Velasco-Velasco, V. A., Rodríguez-Ortiz, G., & Enríquez-del-Valle, J. R. (s. f.). Influencia de la calidad de sitio sobre el crecimiento de una plantación de *Pinus patula* Schltdl. Et Cham. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 8(44), 132-154.
- Gutiérrez-Vázquez & Flores-Montaño, Gutiérrez-Vázquez, B. N., & Flores-Montaño, A. (2019). Patrón y magnitud de la variación de la densidad de la madera en rodales semilleros de *Pinus oocarpa*. *Madera y bosques*. <https://www.redalyc.org/journal/617/61762764019/html/>
- Hernández-Ramos, J., Santos-Posadas, H. M. D. los, Valdés-Lazalde, J. R., Tamarit-Urías, J. C., Ángeles-Pérez, G., Hernández-Ramos, A., Méndez-López, B., & Peduzzi, A. (2017). Estimación del volumen comercial en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* con modelos de volumen total y de razón. *Agro ciencia*, 51(5), 561-580.
- Imaña, J y Encinas O. (2008). *Epidometría forestal: crecimiento de árboles*. Brasilia, Brasil, edikapas. 66 p.
- Izko, X., & Burneo, D. (2003). *Herramientas para la valoración y manejo de bosques sudamericanos*. Quito: Unión Mundial para la Naturaleza.
- Kometter, R. (2006). *Plan General de Manejo Forestal*. Ucayali: Consorcio Forestal Amazonas.
- López, H. G., Vaides, E. E., Alvarado, A., López, H. G., Vaides, E. E., & Alvarado, A. (2018). Evaluación de carbono fijado en la biomasa aérea de plantaciones de teca en Chahal, Alta Verapaz, Guatemala. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 137-153. <https://doi.org/10.15517/rac.v42i1.32201>
- Lozano, H. (2018). *Determinación del Cociente y Factor de Forma en Pinus patula* Schltdl. Et Cham en la zona de Cajamarca. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.

- Merino Becerra, V., & Goycochea Casas, G. (2017). Ecuación volumétrica para valorar el vuelo forestal del Parque Forestal Aylambo de la Universidad Nacional de Cajamarca. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1. <https://doi.org/10.25127/ucni.v1i1.97>
- Merino Gualpa, J. M. (2010). Evaluación de calidad y valoración de una plantación de pino (*Pinus radiata* D. Don), En La Comunidad Chausan San Alfonso, Parroquia Palmira, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Meza Montoya, A. (2015). El raleo: Una operación silvicultural fundamental | *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/520>
- Murillo, Olan, & Cabrera, José Manuel, & Meza, Alejandro (2004). Estimación del valor real y del valor de mercado en pie de la plantación forestal. *Agronomía Costarricense*, 28(1),47-55
- Nava-Nava, A., & Antúnez, P. (2018). Aplicación de la regresión cuantifica para predecir el volumen fustal: Estudio de caso. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(15), 591-600. <https://www.redalyc.org/journal/3586/358662587020/html/>
- Oñate Trigoso, L. A. (2018). Precisión del hipsómetro Blume Leiss, clinómetro Suunto e hipsómetro láser Trupulse 360R en la medición de alturas totales de árboles de *Guazuma crinita* (bolaina blanca). UNIA. <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/192>
- Ospina, C. M., Sánchez, F. A., & Ramírez, C. A. (2011). Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona colombiana. Bogotá.

- Pacheco, E., Díaz-López, M. C., Coronel, W. R. Q., Asanza-Asanza, J. A., & Jadán, Á. O. (2017). Valoración financiera de una plantación de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham, en la microcuenca Zamora Huayco – Loja, Ecuador. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/187>
- Pearce, D. (1990). An Ecological Approach to Saving Tropical Forest. LEEC Paper 90-06, London.
- Petriceks, J. (1989). Apuntes de Economía y Valoración Forestal. Mérida, VE, Universidad de los Andes. 126p.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., Real, P.(1997). Agricultura para la, Proyecto sobre Agricultura, R. N. y D. S., Tecnología (ETIT), E. T. I. y, & Familiar (PHDTAR),.Mensura forestal. IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/15038>
- Pezzutti, R.V. (2011). Efeitos biológicos e econômicos de tratamentos silviculturais em plantios de *Pinus taeda* L. no nordeste argentino. Doctoral dissertation, Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, Brasil.
- Ramírez, J. M., Cruz-Jiménez, H., Alba-Landa, J., Mendizábal-Hernández, L. D. C., Ramírez-García, E. O., & Sixto, P. P. (2020). Variación de semillas de *Pinus patula* Schl. Et Cham. De Una Prueba De Progenies En Potrero De García, Veracruz. *Foresta Veracruzana*, 22(2), 25-32.
- Ramírez, J. M., Cruz-Jiménez, H., Alba-Landa, J., Mendizábal-Hernández, L. D. C., Ramírez-García, E. O., & Sixto, P. P. (2020). Variación de semillas de *Pinus patula* Schldl. Et cham.

- De una prueba de progenies en potrero de García, Veracruz. *Foresta Veracruzana*, 22(2), 25-32. <https://www.redalyc.org/journal/497/49766661002/html/>
- RENAMA. (2021). Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Cajamarca: Gobierno Regional Cajamarca.
- Reyes-Zurita, N. (2022). Estimation of dasometric variables in stands under forest management with unmanned aerial vehicles.
- Reytuerto. (2022). Cifra récord: En 2021 se registraron 19 mil hectáreas de plantaciones forestales en el país | SPDA Actualidad Ambiental. <https://www.actualidadambiental.pe/cifra-record-en-2021-se-registraron-19-mil-hectareas-de-plantaciones-forestales-en-el-pais/>
- Ruiz-Blandon, B. A., Hernández-Álvarez, E., Rodríguez-Macias, R., Salcedo-Pérez, E., Ruiz-Blandon, B. A., Hernández-Álvarez, E., Rodríguez-Macias, R., & Salcedo-Pérez, E. (2020). Valoración dasométricas y producción de biomasa en *Gmelina arborea* Roxb. Ex Sm. Establecida en plantaciones puras y mixtas. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(59), 94-117. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.644>
- Sánchez Leyva, R. E. (2019). Valoración económica de madera en pie de una plantación de *Pinus patula* Schiede ex Schldl. & Cham. En la comunidad campesina de Cumbico—Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. <https://doi.org/10/S32-T>
- Silvestre, S. N. F. y de F. (2017). Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2017. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. <http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/520>
- Soares CPB; Neto FP; Souza AL. (2011). *Dendrometria e Inventário Florestal*. 2 ed. Viçosa, Minas Gerais, Brasil, UFV. 270 p

- Sotomayor Garretón, A., Acuña Aroca, B., & Moya Navarro, I. (2010). Comportamiento de las variables dasométricas en plantaciones de *Pinus contorta* Dougl. Ex Loud., bajo manejo silvopastoril y forestal en la Región de Aysén, Chile. <https://simef.minagri.gob.cl/bibliotecadigital/handle/20.500.12978/25827>
- Sotomayor, A., (1980). Espaciamiento en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1980.
- Sotomayor, A. y Cabrera, C., (2008). Análisis de un sistema silvopastoril con *Pinus radiata* D. Don, asociado con ganado ovino en la zona mediterránea costera central de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, Instituto Forestal. Volumen 14 N° 2. pp: 269-286.
- Torres Córdova, H. R. (2016). Valoración Económica de una Plantación de *Pinus patula* (Pino), en la Hacienda El Cristal del cantón y provincia de Loja. Ecuador: Universidad la Católica de Loja.
- Triola, M. F. (2009). Estadística Pearson (Pearson). https://www.academia.edu/42569733/Estadistica_Pearson
- Trópicos (2022). Recuperado 21 de junio de 2022, de <https://www.tropicos.org/home>
- Torres, C. G., Caniza, F. J., Aparicio, J. L., & Martiarena, R. A. (2017). Efecto de tratamientos silvícolas en variables dasométricas de *Pinus elliottii* var. *Elliottii* × *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 25(1-2), 16-27.

Ualpa, J. M. (2010). Evaluación de calidad y valoración de una plantación de pino (*Pinus radiata* D Don), en la comunidad Chausan San Alfonso, Parroquia Palmira, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo. Escuela superior politécnica de Chimborazo.

Ugalde, L. A. (1981). Conceptos básicos de Dasometría.

Valoración de la madera en pie. Una alternativa para el manejo adecuado de los recursos forestales. (2022). Fao.org. Recuperado el 20 de septiembre de 2022, de <https://www.fao.org/3/xii/0167-a2.htm>

Vergara Altamirano, K. E. (2004). Respuesta del inóculo micorrizal del hongo *Scleroderma verrucosum* en la producción de plántulas de *Pinus radiata* D. Don en Jauja. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1741>

Vilca Aquino, J. (2022). Evaluación dasométrica de 10 familias de *Pinus patula* Schiede ex Schldl. Et cham procedentes de Zimbabue (áfrica), establecidas en la granja Porcón – Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4691>

Villar Cabeza, M. Á., Marcelo Bazán, F. E., Baselly Villanueva, J. R., & Villena Velázquez, J. J. (2014). Estimación de volúmenes maderables en plantaciones de *Pinus patula* Schldl. &cham. En la Cooperativa Atahualpa Jerusalén Granja Porcón en la región Cajamarca. INIA. Estación Experimental Agraria Baños del Inca - Cajamarca. <http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/handle/inia/912>

Vinueza, M. (2013). Ficha Técnica N° 14 Pino (*Pinus Patula*). Ecuador Forestal. Disponible en: <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especiesforestales/ficha-tecnica-no-14-pino-pinus-patula/>

VII. ANEXOS

Anexo 1

Símbolos de mensura forestal.

Recomendado por International Union of Forest Research Organizations (Soares et al. 2011).

AB: Área basal

f: Factor de forma

Hc: Altura comercial

Ht: Altura total

Vc: Volumen comercial

Vt: Volumen total

Pt: pie tablar

Madera(r): Madera rolliza

DAP: Diámetro a 1.3 m de la altura del suelo.

Anexo 2

Análisis de la muestra estratificada.

A. Datos de la plantación

	Ha	Área de parcela	(20m*50m) /10000= 0.1Ha
Maquimaqui	110	Maquimaqui	1100
Lomo de Pescado	72	Lomo de Pescado	720
Área total	182	Total	1820

B. Inventario piloto

Suma, promedio de volumen de madera por parcela y total

Parcela	Volumen (m ³)			
	Maquimaqui	Lomo de Pescado	Bloque 3	
1	21.13158755	50.77597512		
2	23.8534855	55.00873063		
3	16.78648772	27.54319206		
4	31.15223912	44.12703665		
5	36.66674458	35.33516176		
6	22.22449914	56.89792724		
7	39.36625862	25.69220779		
8	53.69926277	50.77597512		
9	27.62302458	32.00791246		
10	52.82218696	52.53367812		
ΣY	325.3258	430.6978		756.02
ΣY^2	12092.6875	19818.5137		31911.20
Media	32.5326	43.0698		

Fuente: Elaboración propia

C. Cálculo de la media estratificada del volumen de la plantación

Media ponderada				
Bloques	Nº de parcelas	Total, de pacerla	Media estimada	
Maquimaqui	1100	1820	32.5326	19.6625
Lomo de Pescado	720	1820	43.0698	17.0386
Bloque 3				
		Total		36.7011

D. Cálculo de varianza y desviación de padrón por bloque

			Varianza	Desviación
	12092.68752	-	105836.8609	
Maquimaqui		9	167.6668	12.9486
	19818.51366	-	185500.5923	
Lomo de Pescado		9	140.9394	11.8718
	0	-	0	
Bloque 3		-1	0	

E. Cálculos usados en el método de Neyman con asignación óptima

	n_j	N_j	P_j	S_j^2	S_j	$P_j \cdot S_j^2$	$P_j S_j$
Maquimaqui	10	1100	0.604	167.6668	12.9486	101.3371	7.82609
Lomo de Pescado	10	720	0.396	140.9394	11.8718	55.7562	4.69653
Total	20	1820	1.000			157.0933	12.5226

Fuente: Elaboración propia

F. Error de muestreo expresado en m^3

Primer cálculo	
Probabilidad (%)	95
Error probabilidad. (%)	5
Grado libertad	19
t	2.093
Error muestreo (%)	14.5
Error muestreo (m^3)	5.3217

Fuente: Elaboración propia

G. Número de parcelas con el error m^3

N			
4.279344309	x	156.8161	24.0
28.3201	+	4.279344309 x 157.0933	
		1820	

Fuente: Elaboración propia

H. Error expresado en m^3 con nuevos grados de libertad

Segundo cálculo	
Probabilidad (%)	95
Error probabilidad (%)	5
Grado libertad	23.0
t	2.069
Error muestreo (%)	14.5
Error muestreo (m^3)	5.3217

Fuente: Elaboración propia

I. Número de parcelas óptimas

N				
4.279344309	x	156.8161		24.0
28.3201	+	4.279344309	x 157.0933	
		1820		

Fuente: Elaboración propia

J. Número de parcelas por bloque

Maquimaqui	7.82609	x	24.0	15
	12.5226			
Lomo de Pescado	4.69653	x	24.0	9
	12.5226			
Bloque 3				
Total				24

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3

Formato y encuestas realizadas para determinar el precio del pie tablar de madera rolliza.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal



Encuesta para determinar el precio actual de madera rolliza de pino (*Pinus patula*) en la ciudad de Cajamarca

Ubicación		Encuestador	RAÚL CHILON QUISPE
Nombre empresa		N.º Encuesta	10
Propietario/ Representante		Fecha	

1. ¿Utiliza usted madera de pino *patula*?

SI

NO

2. ¿Usted requiere madera con manejo (mejor calidad – escasez de nudos, menor conicidad) o sin manejo (con nudos)?

SI

NO

AMBOS

¿Por qué?

3. Estaría dispuesto a pagar 20centimos de más el pie tablar por una madera proveniente de un bosque manejado (mejor calidad – escasez de nudos, menor conicidad).

SI

NO

¿Por qué?

4. ¿A cuánto compra o vende Usted el pie tablar de madera rolliza de pino *patula*?

- Con manejo (sin nudos)

- Sin manejo (con nudos)

5. Observaciones

Anexo 4

Panel fotográfico: Visita a aserraderos



Aserradero Forcax
Actividad: Encuesta



Lugar: Aserradero Forcax
Madera sin poda (ojo seco)



Lugar: Aserradero Forcax
Madera sin poda (ojo seco)



Lugar: Aserradero Forcax
Madera sin poda (ojo soldado)

Anexo 5

Evaluación de volumen total, comercial en el bloque Lomo de Pescado por parcela.

Tipo	Parcela	N.º individuos /parcela	N.º individuos ha ⁻¹	DAP (m)	HC (m)	HT (m)	AB/parcela m ²	AB ha ⁻¹ m ²	VC/parcela m ³	VC ha ⁻¹ m ³	VT/parcela m ³	VT ha ⁻¹ m ³
Con manejo	P1	18	180	0.55	23.50	34.50	4.260	42.601	50.776	507.760	74.206	742.064
Con manejo	P2	24	240	0.49	21.38	25.92	4.735	47.354	52.534	525.337	62.404	624.044
Con manejo	P3	24	240	0.39	18.71	27.50	2.943	29.432	27.543	275.432	40.649	406.493
Con manejo	P4	23	230	0.42	27.22	33.78	3.242	32.423	44.127	441.270	54.536	545.360
Con manejo	P5	22	220	0.43	21.36	28.95	3.307	33.070	35.335	353.352	47.808	478.084
Con manejo	P6	21	210	0.47	17.33	25.76	3.705	37.054	32.008	320.079	47.767	477.665
Con manejo	P7	26	260	0.54	18.69	30.23	6.086	60.863	56.898	568.979	92.201	922.008
Con manejo	P8	21	210	0.42	16.76	23.76	2.968	29.684	24.911	249.107	35.300	353.000
Con manejo	P9	20	200	0.46	15.45	23.75	3.314	33.138	25.692	256.922	39.364	393.645
Con manejo	P10	26	260	0.58	15.69	28.23	7.009	70.091	55.009	550.087	99.154	991.537
Con manejo	P11	18	180	0.55	23.50	34.50	4.260	42.601	50.776	507.760	74.206	742.064
	Total	243	2430	5.31	219.59	316.89	45.83	458.31	455.61	4556.09	667.596	6675.96
	Promedio	22	220	0.483	19.963	28.808	4.166	41.665	41.42	414.19	60.69	606.91

Anexo 6*Evaluación de volumen total, comercial en el Maquimaqui por parcela.*

Tipo	Parcela	N.º individuos /parcela	N.º individuos ha⁻¹	DAP (m)	HC (m)	HT (m)	AB/parcela m²	AB ha⁻¹ m²	VC/parcela m³	VC ha⁻¹ m³	VT/parcela m³	VT ha⁻¹ m³
Sin manejo	P1	74	740	0.295	7.609	19.672	5.315	53.153	21.132	211.316	52.976	529.761
Sin manejo	P2	98	980	0.365	18.612	27.469	10.731	107.314	101.283	1012.831	148.639	1486.388
Sin manejo	P3	84	840	0.340	17.435	26.435	7.935	79.347	70.721	707.209	106.427	1064.272
Sin manejo	P4	116	1160	0.353	17.828	27.622	11.836	118.357	107.327	1073.268	165.311	1653.111
Sin manejo	P5	100	1000	0.255	18.610	25.730	5.419	54.190	51.013	510.130	70.094	700.944
Sin manejo	P6	90	900	0.309	13.900	23.189	7.103	71.026	49.157	491.569	82.077	820.769
Sin manejo	P7	91	910	0.341	5.397	23.052	8.711	87.111	23.853	238.535	102.750	1027.500
Sin manejo	P8	63	630	0.298	7.063	18.646	4.554	45.537	16.786	167.865	42.935	429.354
Sin manejo	P9	46	460	0.399	10.530	23.196	5.896	58.956	31.152	311.522	68.462	684.616
Sin manejo	P10	59	590	0.394	9.742	23.831	7.414	74.137	36.667	366.667	88.668	886.679
Sin manejo	P11	79	790	0.296	7.105	24.924	5.736	57.364	22.224	222.245	72.827	728.271
Sin manejo	P12	76	760	0.371	9.018	22.955	8.500	85.000	39.366	393.663	98.393	983.929
Sin manejo	P13	76	760	0.401	10.567	28.350	9.881	98.812	53.699	536.993	140.575	1405.752
Sin manejo	P14	127	1270	0.281	6.154	21.701	8.331	83.307	27.623	276.230	92.919	929.186
Sin manejo	P15	111	1110	0.352	8.838	28.820	11.199	111.986	52.822	528.222	163.756	1637.562
	Total	1290	12900	5.050	168.409	365.591	118.56	1185.60	704.83	7048.26	1496.81	14968.09
	Promedio	86	860	0.337	11.227	24.373	7.904	79.040	46.988	469.884	99.787	997.873